

كنز الكيمياء

الجزء الاول

الفصول الثلاث الأولى

الاستاذ
مهند علي السوداني
07703073877



CHEMISTRY

السادس الاحيائي

ملازم دار المغرب
2019

2019



Biochemistry

الاستاذ

مهند علي السوداني

07703073877

الجزء الاول

تباع النسخة للطالب

عشرة الاف دينار



مطبعة المغرب
بغداد - السعدون
بغداد - المتنبي
07702729223

كنز الكيمياء



الاستاذ
مهند علي السوداني

2019

الفصل الاول

علم الثرموداينمك



المركز التسويقي
ملازم دار المغرب
07702729223


تابعونا على التلي كرام
@iQRES




ملازم
دار المغرب

الفصل الاول الثرموداينمك

1-1 الثرموداينمك

علم يهتم بدراسة الطاقة وتحولاتها ويهدف نحو تحويل أكبر قدر ممكن من الطاقة الحرارية الناتجة من احتراق الوقود الى أنواع أخرى من الطاقات مثل تحويل الطاقة الحرارية الى الطاقة الميكانيكية للاستفادة منها في عمل المحركات.

س / ما هي الظواهر التي يفسرها علم الثرموداينمك؟

1- سبب حدوث التفاعلات الكيميائية.

2- التنبؤ بحدوث التغييرات الكيميائية والفيزيائية عندما توجد مادة او اكثر تحت شروط معينة.

3- حدوث بعض التفاعلات التلقائية وغير التلقائية عند نفس الظروف.

4- سبب حدوث الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

ملاحظة / لا يهتم علم الثرموداينمك بعامل الزمن الذي يستغرقه التفاعل فهو ينبئ فقط أمكانية حدوث التفاعل من عدمه.

أنـــواع الطاقـــــة.

1- **الطاقة الكامنة** : هي التي تشمل جميع الطاقة الكيميائية المخزونة في جميع أنواع المواد وجميع أنواع الوقود.

2- **الطاقة الحركية** : هي التي تشمل طاقة جميع الأجسام المتحركة مثل الجزيئات والماء المتحرك والسيارات والطائرات.

للتوضيح : تتحول الطاقة الكامنة في الماء إلى طاقة حركية إذا تم تحريك الماء من اعلى الشلال إلى أسفله لأن الطاقة الناتجة وهي الحركية يمكن أن تدور المحرك لتوليد الطاقة الكهربائية

- وعليه تم استنتاج القانون الاول ⟵ **(القانون الاول في علم الثرموداينمك)**

(الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من العدم ولكن يمكن تحويلها من شكل إلى أخر)

2-1 وحدات الطاقة ودرجات الحرارة.

وحدة الجول : هي وحدة الطاقة حسب النظام الدولي للوحدات ويرمز لها (J) ويعبر عنه كالآتي

حيث Kg وحدة الكيلو غرام m وحدة المتر S وحدة الثانية

$$1J = 1Kg.\ m^2 /S^2$$

الطاقة الحركية (KE) : هي حاصل ضرب نصف الكتلة (Kg) في مربع السرعة {(m/s) V}

$$KE = 1/2\ m.\ V^2$$

مثال اذا تحرك جسم كتلته 4Kg مسافة متر واحد خلال ثانية واحدة فما هي مقدار الطاقة الحركية؟

الحل

$$KE = \frac{1}{2}\ m.\ V^2$$

$$= \frac{1}{2} \times 4Kg \times (1m/1s)^2 = 2\ (kg.m^2/s^2) = 2\ J$$

درجة حرارة الكلفن : هي درجة الحرارة بوحدات الكلفن (K) ويرمز لها بالحرف T وتعتبر درجة الحرارة المستخدمة في الثرموداينمك ويتم حسابها من درجة الحرارة السيليزية باستخدام العلاقة التالية

$$T(K) = t_{(C^\circ)} + 273$$

3-1 بعض المصطلحات الثرموداينمكية

1. **النظـــــام :** هو عبارة عن جزء معين من الكون يتكون من المادة او المواد المشتركة في حدوث تغيرات فيزيائية وكيميائية محدودة داخل حدود معينة قد تكون حقيقية او تخيلية.
2. **المحيط :** كل ما يحيط بالنظام ويؤثر عليه من التغييرات الفيزيائية او الكيميائية.
3. **المجموعـــــة(الكون) :** هي النظام + المحيط .
4. **النظام المفتوح :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل مادة النظام وطاقته مثل أناء معدني مفتوح يحتوي ماء مغلي.
5. **النظام المغلق :** هو النظام الذي تكون فيه الحدود بين النظام والمحيط تسمح بتبادل الطاقة فقط ولا تسمح بتغير مادة النظام مثل إناء معدني مغلق يحتوي ماء مغلي.
6. **النظام المعزول :** هو النظام الذي لا تسمح حدوده بتبادل الطاقة ولا المادة مثل الثرموس.
7. **خواص النظـــام :** هي المتغيرات الفيزيائية للنظام التي من الممكن ملاحظتها أو قياسها مثل عدد مولات المادة أو المواد الموجودة في النظام أو الحالة الفيزيائية مثل الحجم والضغط و الحرارة.

4-1 الحرارة Heat

هي احد أشكال الطاقة الشائعة في حياتنا اليومية ويرمز لها (q) وهي تمثل انتقال الطاقة الحرارية بين جسمين مختلفين في درجة الحرارة .

درجة الحرارة : هي مقياس الطاقة الحرارية .

- تتناسب الحرارة المفقودة او المكتسبة لجسم ما طرديا مع التغيير في درجات الحرارة ويرمز للتغير بالرمز (Δ) الذي يوضع قبل رمز الدالة المتغيرة وبالشكل الاتي



$$\Delta T = T_f - T_i$$

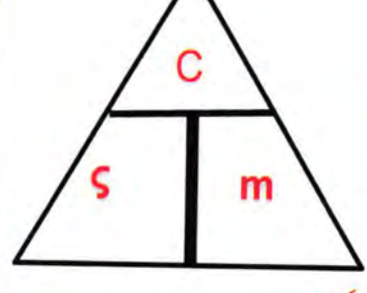
حيث T_f درجة الحرارة النهائية و T_i درجة الحرارة الابتدائية .

لذا التناسب بين الحرارة (q) والتغيير في درجة الحرارة يمكن كتابته على الصورة التالية

$$(q) \propto \Delta T \quad \text{------------------1}$$

ويحول التناسب الى مساواة بضرب ΔT بثابت تناسب يدعى السعة الحرارية C

$$(q) = {}^\circ C \cdot \Delta T \quad \text{------------------2}$$



وترتبط السعة الحرارية (C) مع الحرارة النوعية (ς) بالعلاقة التالية

$${}^\circ C = ς \times m \quad \text{------------------3}$$

وبتعويض معادلة 2 في معادلة 3 نحصل على العلاقة التالية

$$q(J) = ς\,(J/g.^\circ C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

س/ ما المقصود بالسعة الحرارية ؟ الحرارة النوعية ؟

السعة الحرارية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/°c).

الحرارة النوعية : هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة ووحدتها (J/g.°c).

المسائل الخاصة بكمية الحرارة والحرارة النوعية والسعة الحرارية

مثال 1-1 ما مقدار الحرارة الناتجة بوحدة (KJ) من تسخين قطعة من الحديد كتلتها 870g مـن 5 °C الى 95°C علما ان الحرارة النوعية للحديد 0.45J/g.c ؟

المعطيات
q = ? m = 870 g
$T_i = 5C°$ $T_f = 95C°$
ς = 0.45 J/g.C°

الحـــل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = (95 - 5) = 90C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = ς\,(J/g.C°) \times m(g) \times \Delta T\,(°C)$$

$$q(J) = 0.45\,(J/g.\,C°) \times 870(g) \times 90\,(°C) = 35235\ J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة الحديد بوحدة K J كالاتي

$$q(KJ) = \frac{35235\,J}{1000J/kJ} = 35.235\ kJ$$

تمرين 1-1 تغيرت درجة حرارة المغنسيوم كتلتها 10g من 25 C° الى 45C° مع اكتساب حرارة مقدارها 205 J احسب الحرارة النوعية لقطعة المغنسيوم ؟

المعطيات
q = 205J m = 10 g
$T_i = 25C°$ $T_f = 45C°$
ς = ? J/g.C°

الحـــل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = Tf - Ti = (45 - 25) = 20C°$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$ς\,(J/g.C) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{205\,J}{10g \times 20\,(C)} = 1.025\ (J/g.C°)$$

سؤال 1-9 قطعة من الفضة كتلتها 360 g وسعتها الحرارية (86J/C°) احسب حرارتها النوعية؟

المعطيات
m = 360 g
C = 86 J/C°
ς = ? J/g.C°

الحـــل /

ترتبط الحرارة النوعية مع السعة الحرارية بالعلاقة التالية.

$$C(J/C°) = ς\,(J/g.C) \times m(g)$$

$$ς = \frac{C}{m} = \frac{86J/C°}{360g} = 0.24\ J/g.C°$$

سؤال 1-10 قطعة من النحاس كتلتها 6 g سخنت من 21C° الى 124C° احسب كمية الحرارة بوحدة الكيلو جول (kJ) علما ان الحرارة النوعية للنحاس (0.39 J/g.C)؟

المعطيات
$q = ?$ $m = 6\ g$
$T_i = 21C°$ $T_f = 124C°$
$\varsigma = 0.39\ J/g.C°$

الحل/ نجد التغير في درجات الحرارة .

$$\Delta T = T_f - T_i = (124 - 21) = 103\ C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$

$$q(J) = 0.39\ (J/g.°C) \times 6(g) \times 103\ (°C) = 241J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالاتي

$$q(KJ) = 241\ J \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.241\ k\ J$$

سؤال 1-11 احسب كمية الحرارة المنبعثة بوحدات (kJ) من 350g من الزئبق عند تبريدها من 77C° الى 12C° علما ان الحرارة النوعية للزئبق (0.14 J/g.C)؟

المعطيات
$q = ?$ $m = 350\ g$
$T_i = 77C°$ $T_f = 12C°$
$\varsigma = 0.14\ J/g.C°$

الحل/ نجد التغير في درجات الحرارة .

$$\Delta T = T_f - T_i = (12 - 77) = -65\ C°$$

وباستخدام العلاقة التالية نحسب كمية الحرارة

$$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (°C)$$

$$q(J) = 0.14\ (J/g.°C) \times 350(g) \times -65\ (°C) = -3185J$$

والحرارة المستهلكة من تسخين قطعة النحاس بوحدة kJ كالاتي

$$q(KJ) = -3185\ J \times \frac{1KJ}{1000\ J} = -3.185\ kJ$$

سؤال 1-12 اذا تم رفع درجة حرارة 34g من الايثانول من 25C° الى 79C° احسب كمية الحرارة الممتصة للايثانول بوحدة(kJ) اذا علمت ان الحرارة النوعية للايثانول 2.44 J/g.C

الحل/ واجب الناتج سيكون 4.47984 kJ

سؤال 1-13 سخنت عينة من مادة مجهولة كتلتها 155g من حرارة 25C° الى 40C° مما ادى الى امتصاص حرارة مقدارها 5700 J احسب الحرارة النوعية لهذه المادة؟

المعطيات
$q = 5700J$ $m = 155\ g$
$T_i = 25C°$ $T_f = 40C°$
$ς = ?\ J/g.C°$

الحل / نجد التغير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = (40-25) = 15C°$$

وباستخدام العلاقة التالية

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$ς\,(J/g.C) = \frac{q}{m \times \Delta T} = \frac{5700\ J}{155g \times 15\,(C)} = 2.45\ (J/g.C°)$$

سؤال 1- 14 4.5g من حبيبات الذهب امتصت 276J عند تسخينها فاذا علمت ان الحرارة الابتدائية كانت 25C° احسب الدرجة الحرارية النهائية التي سخنت اليها الحرارة النوعية للذهب (0.13 J/g.C)؟

الحل / نستخرج اولا الفرق في درجات الحرارة

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

منها نستنتج ان الحرارة النوعية تكون كالاتي

$$\Delta T\,(C) = \frac{q}{ς \times m} = \frac{276\ J}{0.13 J/g.c \times 4.5g} = 471.8\ C$$

$$\Delta T = T_f - T_i$$

$$T_f = \Delta T + T_i = 471.8 + 25 = 496.8\ C°$$

نصيحة: اذا كانت الحرارة الابتدائية او النهائية هي المجهولة اعتبر ΔT هي المجهولة

مثال اضافي1 / كتلة معينة من الفضة سخنت فارتفعت درجة حرارتها الابتدائية بمقدار 10 C° فاذا علمت ان الحرارة النوعية للفضة 0.24 J/g.C وانها امتصت حرارة مقدارها 0.24 kJ؟

جد 1) كتلة الفضة 2) السعة الحرارية للفضة.

ملاحظة: ارتفعت بمقدار يعني انها ΔT بالموجب

الحل /

1) $q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(°C)$

$q(J) = 0.24\ kJ \times 1000 j/kJ = 240\ J$

$$m(g) = \frac{240\ J}{0.24\left(\frac{J}{g}.C\right) \times 10c} = 100g$$

2) $C_{(J/C°)} = ς_{(J/g.C)} \times m_{(g)}$

$C(J/C°) = 0.24_{(J/g.C)} \times 100_{(g)} = 24_{(J/.C)}$

مثال اضافي2 / 10g من حبيبات المغنسيوم الذي حرارته النوعية 1.02 J/g.C عند تبريدها الى 40 C° بعثت حرارة مقدارها 1.02 kJ احسب درجة الحرارة التي كانت عليها حبيبات المغنسيوم؟

واجب / الجواب 140 C°



1 – 5 حرارة التفاعل (التغير في الانثالبي ΔH)

أكثر العمليات الكيميائية تجري عند **ضغط ثابت** وقليل جدا منها يحدث عند حجم ثابت لذلك فان الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي التي تجري عند ضغط ثابت يجري قياسها بشكل أسهل من عملية قياسها بحجم ثابت

التغير في الانثالبي ΔH : هي دالة حالة ثرموداينمكية وخاصة شاملة تمثل كمية الحرارة الممتصة او المتحررة المقاسة بثبوت الضغط (الضغط الجوي) ويرمز لها بالرمز H ولا يمكن قياس القيم المطلقة لها لأنها دالة حالة ويقاس لها التغير الحاصل فيها حسب العلاقة

$$\Delta H_r = \Delta H(P) - \Delta H(R)$$

انثالبي التفاعل = انثالبي النواتج - انثالبي المتفاعلات



ملاحظات مهمة جدا

- التغير في الانثالبي ΔH = حرارة التفاعل المقاسة عند ضغط ثابت أي $\Delta H = q_p$
- q_p تمثل الحرارة المقاسة تحت ضغط ثابت.
- اذا كانت (ΔH_P اصغر من ΔH_R) اي ΔH_r لها قيمة **سالبة** يكون التفاعل **باعث** للحرارة.
- اذا كانت (ΔH_P أكبر من ΔH_R) اي ΔH_r لها قيمة **موجبة** يكون التفاعل **ماص** للحرارة .

1-6 دالة الحالة

هي تلك الخاصية او الكمية التي تعتمد على الحالة الابتدائية للنظام قبل التغير والحالة النهائية للنظام بعد التغير بغض النظر عن الطريق او المسار الذي تم من خلاله التغير ومن أمثلة دالة الحالة الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة .

- إن الحرارة والشغل قيمها تتغير كثيرا بتغير ظروف التجربة وبالتالي فهي لا تعتبر دوال حالة حيث انها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها من خلالها التغيير.
- لا يمكن قياس القيم المطلقة لدوال الحالة وإنما يمكن قياس مقدار التغيير (Δ) لهذه الدوال .

دالة المسار : هي التي قيمتها تتغير بتغير ظروف التجربة لذا لا تعتبر دوال حالة لانها تعتمد على المسار والخطوات التي تم من خلالها التغير مثل الشغل والحرارة.

1-7 الخواص العامة للمواد

تقسم الخواص العامة للمواد الى نوعين:

1- **الخواص الشاملة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل السعة الحرارية والانثالبي والانتروبي والطاقة الحرة.

2- **الخواص المركزة** : وهي تشمل جميع الخواص التي **لا تعتمد** على كمية المادة الموجودة في النظام مثل الكثافة ودرجة الحرارة والحرارة النوعية.

علل / الانثالبي يعتبر دالة حالة وهي خاصية شاملة؟

الجواب / لأنها تعتمد على كمية المادة فالتغير في انثالبي تفاعل 2mole من المادة يساوي **ضعف** التغير في انثالبي تفاعل 1mole من المادة نفسها.




8-1 الكيمياء الحرارية

علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية.

كما وضحنا سابقا ان كانت قيم ΔHr سالبة التفاعل باعث للحرارة.

اما ان كانت قيم ΔHr موجبة التفاعل ماص للحرارة.

لاحظ :

اذا اعتبرنا ان التفاعل هو النظام

فالتفاعل الباعث للحرارة(يحول الطاقة الحرارية من النظام الى المحيط)

كما في التفاعل الكيميائي والتغيير الفيزيائي الآتيين .

تفاعل كيميائي $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} + Energy$

تغير فيزيائي $H_2O_{(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} + Energy$

و التفاعل الماص للحرارة(فيه يمتص النظام الطاقة الحرارية من المحيط)كما في ادناه

تفاعل كيميائي $2HgO_{(s)} + Energy \longrightarrow 2Hg_{(l)} + O_{2(g)}$

تغير فيزيائي $H_2O_{(s)} + Energy \longrightarrow H_2O_{(l)}$

عندما تكتب كلمة الطاقة Energy في جهة المتفاعلات فالتفاعل ماص للحرارة إما اذا كتبت في جهة النواتج فالتفاعل باعث للحرارة







9-1 قياس انثالبي التفاعل

يستخدم لقياس حرارة التفاعل (انثالبي التفاعل) الممتصة او المتحررة في التفاعل الكيميائي عند ثبوت الضغط جهاز يسمى **المسعر** توضع فيه كميات معروفة من المواد المتفاعلة **يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء(معروفة الكتلة) موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا** بما ان الحرارة المتحررة من التفاعل ترفع درجة حرارة الماء والمسعر لذا يمكن قياس كميتها من الزيادة في درجة الحرارة اذا كانت السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته معروفة



ملاحظات مهمة قبل الدخول الى مسائل الرياضية الخاصة بالمسعر الحراري .

1- المادة التي تدخل في المسعر الحراري يجب ان تكون معلومة عدد المولات او معلومة الكتلة او الكتلة المولية لنستخرج عدد المولات .

2- ايجاد كمية الحرارة باستخدام العلاقة التالية اذا كانت السعة الحرارية للمسعر مهملة

$$q(J) = s\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

واذا السعة الحرارية معطاة بالسؤال من العلاقة التالية $q\,(J) = C\,.\,\Delta T$

3- اذا طلب كمية الحرارة المتحررة لا بد ان تكون كمية الحرارة q قيمة سالبة حتى وان ظهرت موجبة نحولها سالبة بوضع قيمة سالبة أمامها.

4- و لأنه سيطلب في معظم الأسئلة كمية الحرارة الناتجة من احتراق مول واحد او اكثر او اقل نطبق العلاقة

الملخص السريع

1. ايجاد ΔT.
2. تطبيق قانون كمية الحرارة q حسب المعطيات وتحويل بالقيمة السالبة.
3. ايجاد عدد مولات المادة الداخلة في المسعر.
4. ايجاد q بوحدة J/mol باستخدام العلاقة التالية
5. تحويلها بوحدة KJ/mol بالقسمة على 1000J/KJ.

$$\frac{q}{mol}$$

q: المستخرج من السوال المطلوب

mol: المستخرج من السؤال المعطى لمول او اكثر

5- طالما ان الحرارة الناتجة تم قياسها في المسعر المفتوح بثبوت الضغط فأنها تمثل انثالبي التفاعل ΔH.

أعظم مصائب الجهل أن يجهل الجاهل جهله.

مثال 2-1 باستخدام المسعر الحراري وضعت 3g من مركب الكلوكوز كتلته المولية (180g/mole) في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 1200 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 21.0C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 25.5C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من الكلوكوز . علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

- $m_{المادة} = 3\ g$
- $M_{المادة} = 180\ g/mol$
- $m_{الماء} = 1200\ g$
- $ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$
- $T_f = 25.5\ C°$
- $T_i = 21\ C°$
- $q = ?\ kJ/mol$

الحل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 25.5 - 21.0 = 4.5\ C°$$

$$q(J) = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 1200(g) \times 4.5\ (C) = 22680\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -22680\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\left(\frac{g}{mol}\right)} = \frac{3g}{180\ g/mol} = \frac{1g}{60\ g/mol} = 0.0166mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-22680	0.0166
X	1

$$X = \frac{-22680\ J}{0.0166\ mol} = -1366265\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ/mol)} = -1366265\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -1366.265 kJ/mol$$

تمرين 2-1 اذا تم حرق 3g من مركب الهيدرازين (N_2H_4) كتلته المولية (32g/mole) في مسعر مفتوح يحتوي 1000 g من الماء الحرارة النوعية للماء(4.2 J/g.C°)فان درجة الحرارة ترتفع من 24.6C° الى 28.2C° احسب كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mol من الهيدرازين .علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

- $m_{المادة} = 3\ g$
- $M_{المادة} = 32\ g/mol$
- $m_{الماء} = 1000\ g$
- $ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$
- $T_f = 28.2\ C°$
- $T_i = 24.6\ C°$
- $q = ?\ kJ/mol$

الحل/ نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 28.2 - 24.6 = 3.6\ C°$$

$$q(J) = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 1000(g) \times 3.6\ (C) = 15120\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -15120\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\left(\frac{g}{mol}\right)} = \frac{3g}{32\ g/mol} = 0.094mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-15120	0.094
X	1

$$X = \frac{-15120\ J}{0.094\ mol} = -160851\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ/mol)} = -160851\ J/mol \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -160.851 kJ/mol$$

السؤال 1-17 من اسئلة الفصل اذا تم حرق عينة كتلتها 1.5 g من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي 750 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 24C° الى 28C° احسب كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

المعطيات

$m_{المادة} = 1.5\ g$

$M_{المادة} = 60\ g/mol$

$m_{الماء} = 750\ g$

$ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$

$T_f = 28\ C°$

$T_i = 24\ C°$

$q = ?\ J/mol$

الحـــــل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

$$\Delta T = T_f - T_i = 28 - 24 = 4\ C°$$

$$q(J) = ς\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 750(g) \times 4\ (C) = 12600\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -12600\ J$

نجد عدد مولات الكلوكوز كوننا نحتاج احتراق الحرارة لمول واحد منه

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\ (\frac{g}{mol})} = \frac{1.5g}{60\ g/mol} = \frac{15g}{600\ g/mol} = \frac{1g}{40\ g/mol}\ 0.025mol$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الكلوكوز =

q	mol
-12600	0.025
X	1

$$X = \frac{-12600\ J}{0.025\ mol} = -504000\ J/mol = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

السؤال 1-16 من اسئلة الفصل عند حدوث تفاعل كيميائي في مسعر سعـــته الحرارية الكلية تساوي 2.4 kJ/°C فان درجة حرارة المسعر ترتفع بمقدار 0.12C° , احسب التغير في الانثالبي لذلك التفاعل بوحدة J.

المعطيات

$C = 2.4\ kJ/C°$

$\Delta T = 0.12\ C°$

$\Delta H_{(J)} = ?\ J$

الحـــل / التغير في الانثالبي = الحرارة المقاسة في المسعر الحراري

$$\Delta H = q_p = C\ .\ \Delta T$$

$$\Delta H = 2.4\ kJ/°C \times 0.12C° = 0.288\ kJ = -0.288kJ$$

$$\Delta H_{(J)} = -0.288kJ \times 1000J/kJ = -288J$$

ملاحظة1: استخدمنا هذه العلاقة $q_p = C\ .\ \Delta T$ لانه أعطى في السؤال السعة الحرارية للمسعر ولم يعطي كتلة او حرارة نوعية

ملاحظة2: كلمة ترتفع بمقدار يعني انه اعطى ΔT مباشرة وبالقيمة الموجبة (اما اذا قال انخفضت بمقدار اي ΔT بالقيمة السالبة)

ملاحظة3: هنا اراد فقط التغير في الانثالبي وليس كمية حرارة محترقة من مول واحد من المادة.

انتبه جيدا

1. ليس دائما تكون الخطوات المسعر ثابتة ربما يعطى عدد المولات مباشرة ربما يعطي الفرق في درجات الحرارة
2. ليس دائما يطلب كمية الحرارة الناتجة من حرق مول واحد ربما اكثر من مول او حتى اقل من مول.
3. ربما يعطي كمية الحرارة المنبعثة من حرق مول واحد ويكون المجهول كتلة المادة الداخلة في التفاعل او كتلتها المولية او حتى يطلب كتلة الماء او الفرق في درجات الحرارة.
4. من اغلب الاسئلة المكررة لما تحول الاشارة الموجبة سالبة والسبب لان ما يحدث في المسعر احتراق وكل عمليات الاحتراق باعثة

من يُسيء استخدام الوقت هو أوّل من يشتكي من قصره.

مسائل اثرائية في المسعر

مثال اضافي3 اذا تم حرق 0.2 mol من حامض عضوي في مسعر يحتوي 1.2 Kg من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته من 34C° الى 36C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تنبعث نتيجة احتراق 2mol من الحامض علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة .

الحل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

المعطيات
- $n_{المادة} = 0.2\ mol$
- $m_{الماء} = 1.2\ Kg$
- $\varsigma_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$
- $T_f = 36\ C°$
- $T_i = 34\ C°$
- $q = KJ$

$$\Delta T = T_f - T_i = 36 - 34 = 2\ C°$$

$$m_{(الماء)g} = 1.2\ Kg \times 1000\ g/kg = 1200g$$

$$q(J) = \varsigma\ (J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\ (C)$$

$$q(J) = 4.2\ (J/g.C) \times 1200(g) \times 2\ (C) = 10080\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -10080\ J$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 2mol من الحامض العضوي =

q	mol
-10080	0.2
X	2

$$X = \frac{-10080\ X\ 2mol}{0.2\ mol} = -100800\ J = \Delta H$$ لأنها تم قياسها في المسعر بثبوت الضغط

$$q_{(kJ)} = -100800\ J \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -100.8kJ$$

مثال اضافي4 اذا تم حرق 3 g من مركب عضوي كتلته المولية (60g/mole) في مسعر يحتوي 800 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر ومحتوياته بمقدار 6.5C° احسب كمية الحرارة بوحدة KJ التي تنبعث نتيجة احتراق 0.5mol من المركب علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة. واجب للتأكد من صحة حلك الناتج سيكون -218.4kJ

مثال اضافي5 باستخدام المسعر الحراري وضعت 34.2g من مركب عضوي في وعاء العينة وضع هذا الوعاء داخل الوعاء المعزول الذي ملئ بكمية 900 g من الماء (الحرارة النوعية للماء 4.2 J/g.C°) وكانت درجة الحرارة الابتدائية = 27C° احرق بعد ذلك المزيج وعند قياس درجة الحرارة وجد ان درجة حرارة المسعر 29.5C° وان كمية الحرارة المتحررة بوحدة KJ نتيجة احتراق 1mole من المركب العضوي كانت94.5 ما هي الكتلة المولية للمركب العضوي علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة.

الحل نحسب اولا التغيير في درجات الحرارة

المعطيات

$m_{المادة} = 34.2\ g$

$M_{المادة} = ?\ g/mol$

$m_{الماء} = 900\ g$

$ς_{الماء} = 4.2\ J/g.C°$

$T_i = 27\ C°$

$T_f = 29.5\ C°$

$q = -94.5\ KJ$

$$\Delta T = T_f - T_i = 29.5 - 27 = 2.5\ C°$$

$$q(J) = ς\,(J/g.C) \times m(g) \times \Delta T\,(C)$$

$$q(J) = 4.2\,(J/g.C) \times 900(g) \times 2.5\,(C) = 9450\ J$$

ولأننا نريد حساب كمية الحرارة المتحررة لابد ان تكون القيمة سالبة اي $q = -9450\ J$

تحول الى وحدة kJ

$$q_{(kJ)} = -9450\ J \times \frac{1(kJ)}{1000J} = -9.45kJ$$

ولنستخرج الكتلة المولية للمركب العضوي يجب ان نعرف مولاته الداخلة في بداية التفاعل وعليه ستكون العلاقة بالشكل التالي

q	mol
-9.45	X
-94.5	1

$$X = \frac{-9.45\ kJ\ X\ 1mol}{-94.5\ kJ} = 0.1mol$$

$$n(mol) = \frac{m(g)}{M\,(\frac{g}{mol})} \longrightarrow M = \frac{m(g)}{n\,(mol)} \longrightarrow M = \frac{34.2(g)}{0.1\,(mol)} = 342\ g/mol$$

مثال اضافي6 تم حرق عينة معينة من حامض الخليك كتلته المولية (60g/mol) في مسعر يحتوي g 1000 من الماء (الحرارة النوعية للماء(4.2 J/g.C°) فاذا ارتفعت درجة حرارة المسعر بمقدار 6C° وكانت كمية الحرارة التي تنبعث نتيجة احتراق مول واحد من الحامض = 126kJ احسب كتلة الحامض التي تم حرقها. علما ان السعة الحرارية للمسعر مهملة

الجواب واجب للتأكد من صحة حلك الناتج سيكون12g

10-1 المعادلة الكيميائية الحرارية

هي المعادلة التي تعبر عن التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية وهي تختلف عن كتابة المعادلات الكيمائية الأخرى.

س/ ما هي الأمور التي يجب أن توضحها المعادلة الكيميائية الحرارية؟

1- اشارة التغير في الانثالبي المصاحبة للتفاعل الكيميائي او التغير الفيزيائي اي ان تكون ذات اشارة موجبة او سالبة فالإشارة الموجبة تعني ان التفاعل ماص للحرارة كما في معادلة انصهار الجليد.

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6kJ/mol$$

وهذا يعني انه تم امتصاص حرارة مقدارها 6kJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة الممتصة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع المتفاعلات

$$2H_2O_{(s)} + \Delta H = 6KJ/mol \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$$

اما الإشارة **السالبة** تعني ان التفاعل باعث للحرارة كما في التفاعل الاتي

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -890kJ/mol$$

وهذا يعني انه تم تحرر (انبعاث) حرارة مقدارها 890 KJ/mol عند درجة حرارة 25C° ضغط 1atm

ويمكن كتابة الحرارة المنبعثة في المعادلة الحرارية بوضعها في المعادلة الحرارية نفسها مع النواتج

$$CH_{4\,(g)} + 2O_{2\,(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} + 890kJ/mol$$

2- يجب ذكر الحالة الفيزيائية للمواد الداخلة في التفاعل(علل)((بسبب ان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية للمادة)) والمثال ادناه يوضح ذلك

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = -286\ kJ/mol$$

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \quad \Delta H = -242\ kJ/mol$$

3- اذا تم عكس العملية فإشارة الانثالبي تتغير من الموجب الى السالب وبالعكس.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(s)} \quad \Delta H = -6\ kJ/mol$$

4- عند ضرب او قسمة طرفي المعادلة بمعامل عددي معين يجب ان تجري نفس العملية على قيمة الانثالبي.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 6\ kJ/mol$$

$$2H_2O_{(s)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)} \quad \Delta H = 2 \times 6\ kJ/mol = 12kJ/mol$$

خلاصة مهمة جدا جدا ركز عليها مهمة جدا

1- اذا كان التفاعل ماص هذا يعني اما اشارة ΔH موجبة او ان كمية الحرارة توضع في جهة المتفاعلات وكمية الحرارة اما تكتب كلمة طاقة او اشارة موجب ومعه رقم و وحدة kJ او kJ/mol

2- اذا كان التفاعل باعث هذا يعني اما اشارة ΔH سالبة او ان كمية الحرارة توضع في جهة النواتج وكمية الحرارة اما تكتب كلمة طاقة او اشارة موجب ومعه رقم ومعه وحدة kJ او kJ/mol

زينة الرّجل في عقله، وهيبته في حكمته، وفطنتهُ في حنكته، وجمالهُ في فكره.

11-1 انثالبي التفاعل القياسية

عندما يتم قياس قيمة الانثالبي عند ظروف قياسية والتي هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm تسمى القيمة القياسية الانثالبي القياسية ويرمز لها بالرمز $\Delta H°_r$.

السؤال (18-1) من أسئلة الفصل / ماذا تعني ظروف التفاعل القياسية في الكيمياء الحرارية وما هي أوجه الاختلاف عن الظروف القياسية (STP) التي تستخدم في الغازات؟

الجواب / الظروف القياسية في الكيمياء الحرارية هي درجة الحرارة 25C° (298K) وضغط 1atm.

الظروف القياسية في الغـــــــازات هي درجة الحرارة 0 C° (273K) وضغط 1atm.

12-1 أنواع الانثالبيات

- انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$
- انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta H_C°$
- انثالبي التغييرات الفيزيائية (تبخر ΔH , تكثيف ΔH , انصهار ΔH , انجماد ΔH)

1- **انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f°$** :- هي الحرارة اللازمة لتكوين مول واحد من اي مركب من عناصره الاساسية المتواجدة باثبت صورها في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm).

- نعني بالعناصر باثبت صورها اي حالتها القياسية فالهيدروجين تكون حالته الغازية هي الاثبت والزئبق السائل والمغنسيوم الصلب هي الصور الاثبت لانها تمثل الحالات الموجودة تحت الظروف القياسية
- الكاربون له اكثر من صورة مثل الكرافيت (graphite) والماس (diamond) ولكن الكرافيت هي الاثبت.
- الكبريت له اكثر من صورة مثل المعيني (rhomloic) والموشوري (ortherhomloic) ولكن المعيني هي الاثبت.
- تم الاتفاق دوليا ان قيمة $\Delta H_f°$ لجميع العناصر في حالتها القياسية = صفر .وعليه اضافة الى العناصر التي مرت الكلور Cl_2 والفلور F_2 والأوكسجين O_2 والنتروجين N_2 والبروم Br_2 واليود الصلب I_2 .قيمة $\Delta H_f°$ لها = صفر.

امثلة لبعض التفاعلات توضح تكوين المواد من اثبت صورها

$$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hf°(H_2O) = -286\ kJ/mol$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + 2O_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(s)} \longrightarrow H_3PO_{4(s)} \qquad \Delta Hf°(H_3PO_4) = -128\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hf°(CO_2) = -394\ kJ/mol$$

علل / ظهور كسور في المعادلة الحرارية؟

ج / لان المركب المتكون يجب ان يكون مول واحد لذا نلجأ لتغيير عدد مولات المواد المتفاعلة.

(مهم جدا) ان $\Delta Hf° = \Delta Hr°$ حينما يتكون مول واحد من المادة ومن عناصرها الأساسية. ولكن حينما يكون المتكون اكثر من مول فان $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$

لاحظ المثال التالي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \longrightarrow 2HBr_{(g)} \qquad \Delta Hr° = -72KJ$$

عند النظر الى المعادلة نجد ان مولين من HBr قد تكون نتيجة هذا التفاعل لذا فأن نصف الحرارة اي 36 - يجب ان تبعث عند تكوين مول واحد من HBr وهذا تم استنتاجه بعد قسمة المعادلة على 2

وعليه في حال تكوين اكثر من مول وجدت علاقة بين $\Delta Hr°$ و $\Delta Hf°$ وهي كالاتي

$$\Delta H_f° = \frac{\Delta Hr°}{n_{\text{المادة المتكونة}}} \Longrightarrow \Delta Hr° = \Delta H_f° \times n_{\text{المادة المتكونة}}$$

مثال 1-3 اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية للبنزين C_6H_6 = 49KJ/mol أكتب المعادلة الكيميائية الحرارية بحيث تكون $\Delta Hr°$ مساوية الى $\Delta Hf°(C_6H_6)$

الحل/ ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من البنزين من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية

$$6C_{(graphite)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow C_6H_{6(l)} \quad \Delta Hr° = \Delta Hf° = 49KJ/mol$$

تمرين 1-3 اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية (H_2SO_4)= -811KJ/mol اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية للتفاعل بحيث تكون $\Delta Hr°$ مساوية الى $\Delta Hf°(H_2SO_4)$

الحل ليتساوي $\Delta H_r°$ مع $\Delta H_f°$ لابد من تكون مول واحد من حامض الكبريتيك من عناصره الأساسية وبالظروف القياسية

$$H_{2(g)} + S_{rhomloic} + 2O_{2(g)} \longrightarrow H_2SO_{4(l)} \quad \Delta Hr° = \Delta Hf° = -811KJ/mol$$

مثال 1-4 اي من التفاعلات التالية تساوي قيمة الانثالبي التفاعل القياسية $\Delta Hr°$ لها قيمة انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ للمركبات المتكونة؟

1) $4Fe_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)} \quad \Delta H_r° = 1625kJ$

2) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = -394\ kJ$

3) $CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r° = 283\ kJ$

التفاعل (1) $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$ لان الناتج هو 2 مول ويجب ان يكون الناتج 1 مول.

التفاعل (2) $\Delta Hr°$ تساوي $\Delta Hf°$ لتوفر الشروط وهما تكوين مول واحد من CO_2 من عناصره الأساسية.

التفاعل (3) $\Delta Hr°$ لا تساوي $\Delta Hf°$ لان CO مركب وليس عنصر باثبت صوره .

تمرين 1-4 احسب انثالبي التفاعل القياسية للتفاعل التالي اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ ل (HF) = -271KJ/mol

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \longrightarrow 2HF_{(g)}$$

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من HF لذا يجب ضرب قيمة $\Delta H_f°$ (HF) في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$

$$\Delta Hr° = 2mol \times \Delta Hf° = 2mol \times -271\ kJ / mol = -542\ kJ$$

تمرين 1-5 احسب انثالبي التفاعل القياسية $\Delta Hr°$ للتفاعل التالي

$$4Al(s) + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان انثالبي التكوين القياسية $\Delta Hf°$ ل (Al_2O_3) = -1670 KJ/mol

الحل/ ان انثالبي التكوين القياسية هي الحرارة المنبعثة من تكوين مول واحد ولكون المعادلة تشمل تكوين 2 مول من Al_2O_3 لذا يجب ضرب قيمة $\Delta H_f°$ (Al_2O_3) في 2 لنحصل على قيمة $\Delta H_r°$

$$\Delta Hr° = 2mol \times \Delta Hf° = 2mol \times -1670\ kJ / mol = -3340\ kJ$$

مثال اضافي7 اي من المعادلات التالية فيها $\Delta Hf° = \Delta Hr°$ مع بيان السبب في الحالتين

$$C_{(diamond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

الجواب / $\Delta Hf° \neq \Delta Hr°$ والسبب ان $C_{(diamond)}$ ليست الصورة الاثبت للكاربون

$$C_{(graphite)} + O_{2(l)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

الجواب / $\Delta Hf° \neq \Delta Hr°$ والسبب ان $O_{2\,(l)}$ ليست الصورة الاثبت للاوكسجين

$$2C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{(g)}$$

الجواب / $\Delta Hf° \neq \Delta Hr°$ والسبب ان 2mol من غاز CO وليس 1mol

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

الجواب / $\Delta Hf° \neq \Delta Hr°$ والسبب ان CO مركب وليس عنصر باثبت صوره

$$S_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)}$$

الجواب / $\Delta Hf° = \Delta Hr°$ والسبب ان المتكون مول واحد من المركب ومن عناصر باثبت صورها.

مثال اضافي8 اي من المعادلات التالية فيها $\Delta Hf° = \Delta Hr°$ مع بيان السبب في الحالتين واجب

$$S_{(ortherhomloic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

الجواب / ....

....

$$S_{(rhomloic)} + O_{2(l)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

الجواب / ....

....

$$S_{(rhomloic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)}$$

الجواب / ....

....

$$SO_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow SO_{3(g)}$$

الجواب / ....

....

2- **انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta Hc°$** :- هي الحرارة المتحررة من حرق **مول واحد** من اي مركب حرقا تاما في الأوكسجين في الظروف القياسية (25C° وضغط 1atm) ويرمز لها $\Delta H_c°$.

إن تفاعلات الاحتراق تشمل تفاعل المواد (الوقود) مع الاوكسجين فمثلا في النظام البايلوجي حيث الغذاء هو الوقود وعند حرقه داخل الجسم تتحول المواد الكربوهيدراتية الى سكر الكلوكوز لتزويد الجسم بالطاقة.

ان احد طرق تدفئة المنازل او طبخ الطعام هي حرق غاز البيوتان حيث ان حرق مول واحد منه يحرر طاقة مقدارها 2873 kJ- من الطاقة حسب المعادلة التالية .

$$C_4H_{10(g)} + \frac{13}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)} \quad \Delta Hr° = -2873 kJ/mol$$

او ان معظم السيارات تسير نتيجة لحرق الكازولين في محركاتها كما في المعادلة التالية

$$C_8H_{18(l)} + \frac{25}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 8CO_{2(g)} + 9H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r° = -5471 kJ/mol$$

ان حرق نواتج العناصر مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها

ان حرق نواتج الاكاسيد الصغيرة مع الأوكسجين يؤدي الى تكوين اكاسيدها الاكبر

أما حرق المواد العضوية يؤدي دائما غاز ثنائي اوكسيد الكاربون و الماء السائل

ولضبط موازنة المعادلة الكيميائية لحرق المواد العضوية نتبع القاعدة التالية .

$$CxHy(\ ) + O_{2(g)} \longrightarrow XCO_{2(g)} + \frac{y}{2} H_2O_{(l)}$$

لحساب الأوكسجين نتبع ما يلي :-

1- اذا كان المركب العضوي المحترق لا يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونقسم الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$$C_7H_{14(l)} + \frac{21}{2} O_{2(g)} \longrightarrow 7CO_{2(g)} + 7H_2O_{(l)}$$

2- اذا كان المركب العضوي يحوي اوكسجين نحسب عدد ذرات الاوكسجين في طرف النواتج ونطرح منه عدد ذرات الاوكسجين الموجودة في المركب العضوي ونقسم ما تبقى من الناتج على 2 لاحظ المعادلتين ادناه.

$$C_4H_9OH_{(l)} + 6O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(l)}$$

$$CH_3COOH_{(l)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)}$$

س/ ما هي شروط تساوي انثالبي الاحتراق القياسية مع انثالبي التفاعل القياسية؟

ج/ إن الشرط الأساسي لتساوي انثالبي التفاعل القياسية $\Delta Hr°$ مع انثالبي الاحتراق القياسية $\Delta Hc°$ هي حرق **مول واحد** من المادة مع كمية وافرة من **الأوكسجين** لذا جميع التفاعلات أعلاه $\Delta H°_r = \Delta H°_c$ لأنها تمثل حرق **مول واحد** من المواد .

وعليه في حال اذا المحترق اكثر من مول وجدت علاقة بين $\Delta Hr°$ و $\Delta Hc°$ وهي كالاتي

$$\Delta H_c° = \frac{\Delta Hr°}{n_{\text{المادة المحترقة}}} \Longrightarrow \Delta Hr° = \Delta H_C° \times n_{\text{المادة المحترقة}}$$

ان جميع تفاعلات الاحتراق هي تفاعلات باعثة للحرارة

مثال 1-5 اكتب المعادلة الكيميائية الحرارية لحرق الكحول الاثيلي السائل (C_2H_5OH) اذا علمت ان $\Delta H°c = -1367KJ/mol$ ؟

الحل /

$C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$ $\Delta Hc° = -1367kJ/mol$

تمرين 1-6 اكتب تفاعل احتراق غاز البروبان (C_3H_8) علما ان $\Delta H°c = -2219KJ/mol$

الحل /

$C_3H_{8\,(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$ $\Delta Hc° = -2219kJ/mol$

السؤال (1-20) من أسئلة الفصل احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Al_2O_3) والتغير في انثالبي الاحتراق القياسية (Al) في التفاعل الأتي؟

$4Al_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Al_2O_3$ $\Delta Hr° = -3340kJ$

لحساب $\Delta Hf°\ (Al_2O_3)$ يجب ان يكون المتكون 1mol من Al_2O_3 من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta H°f = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340kJ}{2mol} = -1670\ kJ/mol$$

لحساب $\Delta Hc° = (Al)$ يجب ان يتم حرق 1mol من Al وعليه

$$\Delta H°c = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-3340kJ/mol}{4mol} = -835\ kJ/mol$$

مثال اضافي9 احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (H_2O) وانثالبي الاحتراق القياسية (H_2) في التفاعل التالي

$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H°r = -572\ kJ$

لحساب $\Delta Hf°\ (H_2O)$ يجب ان يكون المتكون 1mol من H_2O من عناصر بأثبت صورها وعليه

$$\Delta Hf° = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-572kJ}{2mol} = -286\ kJ/mol$$

لحساب $\Delta Hc°\ (H_2)$ يجب ان يتم حرق 1mol من H_2 وعليه

$$\Delta Hc° = \frac{\Delta H°r}{n} = \frac{-572kJ}{2mol} = -286\ kJ/mol$$

مثال اضافي10 احسب التغير في انثالبي التكوين القياسية (Na_2O) وانثالبي الاحتراق القياسية (Na) في التفاعل التالي (واجب)

$4Na_{(s)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Na_2O_{(s)}$ $\Delta H°r = -1240\ kJ$

مثال اضافي 11 اكتب معادلة تكوين كل من

1- حامض النتريك HNO_3 2 - حامض الفسفوروز H_3PO_3 3- حامض البروبانويك CH_3CH_2COOH

4 - كلوريد البيوتيل C_4H_9Cl 5- الامونيا NH_3 بحيث ان $\Delta Hr^\circ = \Delta Hf^\circ$

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow HNO_{3(aq)}$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{4}P_{4(s)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_3PO_{3(aq)}$$

$$3C_{(gra)} + 3H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow CH_3CH_2COOH_{(aq)}$$

المركب الرابع والمركب الخامس واجب

شنسوي بهيج اسئلة

1- نكتب المركب الي يريد تكوينه وراء السهم بدون اي عدد مولات له

2- نفصل المركب بجهة المتفاعلات الى عناصر وانتبه هناك عناصر بهيئة جزيئات وهي- P_4- N_2- H_2 – O_2 –Cl_2 Br_2 –F_2 – I_2

3- نوازن العناصر بالمقارنة مع المركب المتكون ونصيحة بالنسبة للعناصر السبعة اعلاه اذا كانت عدد ذراتها فردي فأننا نوازنها بأخذ العدد الفردي نفسه ونضع تحته رقم 2 اما الفسفور اذا كان عدد ذراته لا يقبل القسمة على 4 نضع الرقم في المركب نفسه ونضع تحته رقم 4

3- نضع الحالة الفيزيائية لكل عنصر التي يوجد فيها باثبت صورة امام العنصر

مثال اضافي 12 اكمل مع الموازنة المعادلات ادناه (تابعة لموضوع انثالبي الاحتراق القياسية) واجبات

$$C_2H_{6(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$CH_3OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_6H_5OH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

$$C_3H_7COOH_{(l)} + O_{2(g)} \longrightarrow$$

مثال اضافي 13 اكتب معادلة احتراق البروبانول C_3H_7OH ثم اكتب معادلة تكوينه

اولا : معادلة الاحتراق : $C_3H_7OH_{(l)} + \frac{9}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 3CO_{2(g)} + 4H_2O_{(l)}$

ثانيا : معادلة التكوين : $3C_{(gra)} + 4H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow C_3H_7OH_{(l)}$

مثال اضافي 14 اكتب معادلة احتراق البنزويك C_6H_5COOH ثم اكتب معادلة تكوينه واجب

انثالبي التغيرات الفيزيائية

1- التبخر(Vaporization):التحول من الحالة السائلة الى الحالة الغازية.

انثالبي التبخر:- هي الحرارة اللازمة لتبخر مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(vap)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{vap} H_2O_{(g)} \quad \Delta H_{(vap)} = 44kJ/mol$$

2- التكثيف(Condesation):التحول من الحالة الغازية الى الحالة السائلة.

انثالبي التكثيف:- هي الحرارة اللازمة لتكثيف مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cond)}$

$$H_2O_{(g)} \xrightarrow{cond} H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{(cond)} = -44kJ/mol$$

3- الانصهار(Fusion) : هي عملية التحول من الطور الصلب الى السائل

انثالبي الانصهار :- الحرارة اللازمة لانصهار مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(fus)}$

$$H_2O_{(s)} \xrightarrow{fus} H_2O_{(l)} \quad \Delta H_{(fus)} = 6kJ/mol$$

4- التبلور (الانجماد) (Crystallization):التحول من الحالة السائلة الى الحالة الصلبة.

انثالبي الانجماد :- هي الحرارة اللازمة لانجماد مول واحد من اي مادة ويرمز لها $\Delta H_{(cryst)}$

$$H_2O_{(l)} \xrightarrow{cryst} H_2O_{(s)} \quad \Delta H_{(cryst)} = -6kJ/mol$$

خلاصة مهمة جدا:

1. ان انثالبي التبخر وانثالبي الانصهار قيمة الانثالبي لهما دائما موجبة.
2. ان انثالبي التكثيف وانثالبي الانجماد قيمة الانثالبي لهما دائما سالبة
3. هناك قوانين تربط بين انثالبي التبخر وانثالبي التكثيف هي على التوالي

$$\Delta H_{(vap)} = -\Delta H_{(cond)}$$
$$\Delta H_{(cond)} = -\Delta H_{(vap)}$$

4. هناك قوانين تربط بين انثالبي الانصهار وانثالبي الانجماد هي على التوالي

$$\Delta H_{(fus)} = -\Delta H_{(cryst)}$$
$$\Delta H_{(cryst)} = -\Delta H_{(fus)}$$

مثال 1-6 اذا علمت ان انثالبي التبخر للأمونيا تساوي 23kJ/mol احسب انثالبي التكثيف للأمونيا

الحل / معادلة التبخر للامونيا

$$NH_{3(l)} \xrightarrow{vap.} NH_{3(g)} \quad \Delta H_{vap} = 23kJ/mol$$

وبما ان عملية التكثيف هي عكس عملية التبخر اي ان

$$\Delta H_{cond} = -\Delta H_{vap} = -23kJ/mol$$

تمرين 1-7 اذا علمت ان انثالبي الانصهار لحامض الخليك الثلجي تساوي 5.11kJ/mol احسب انثالبي الانجماد لهذا الحامض ؟

الحل / معادلة الانصهار لحامض الخليك الثلجي هي

$$CH_3COOH_{(s)} \xrightarrow{fus} CH_3COOH_{(l)} \quad \Delta H_{fus} = 5.11kJ/mol$$

وبما ان عملية الانجماد هي عكس عملية الانصهار اي ان

$$\Delta H_{cryst} = -\Delta H_{fus} = -5.11kJ/mol$$

13-1 طرائق حساب انثالبي التفاعل القياسية

اولا :- طريقة استخدام قانون هيس

هناك مركبات كيميائية لا يمكن تصنيعها مباشرة من عناصرها وذلك لأسباب عديدة منها

1- التفاعل يسير ببطء شديد 2- تكون مركبات جانبية غير مرغوبة

لذا يتم اللجوء الى قياس ΔH_r° لهذه التفاعلات بطريقة غير مباشرة. مثل طريقة هيس.

قانون هيس الذي ينص

(عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحدة او سلسلة من الخطوات)

مثال مهم لتوضيح قانون هيس

في التفاعل أدناه لا يمكن قياس الحرارة المنبعثة مباشرة عندما يتفاعل الكاربون (كرافيت) مع الاوكسجين ليكونا أحادي اوكسيد الكاربون. علل (لأنه من المستحيل منع تكون غاز ثنائي اوكسيد الكاربون)

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}=?$$

لكن يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق الكاربون (كرافيت) احتراقا تاما ليعطي CO_2 وكذلك يمكن قياس الحرارة المنبعثة نتيجة احتراق غاز CO الى CO_2 حسب المعادلات

$$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}= -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}= -283 \text{ kJ/mo}$$

لاحظ ما الذي سنفعله للحصول على المعادلة الأصلية من هاتين المعادلتين

تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية ثم نقوم بجمع المعادلتين قمية ΔHr° التي ستنتج هي القيمة للتفاعل المطلوب.

$$C_{(graphite)} + \overset{\frac{1}{2}}{\cancel{O_{2(g)}}} \longrightarrow \cancel{CO_{2(g)}} \qquad \Delta Hr^{\circ}= -393.5 \text{ kJ/mol}$$

$$\cancel{CO_{2(g)}} \longrightarrow CO_{(g)} + \cancel{\frac{1}{2}O_{2(g)}} \qquad \Delta Hr^{\circ}= +283 \text{ kJ/mol}$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \qquad \Delta Hr^{\circ}=-110.5 \text{ kJ/mol}$$

نصائح قانون هيس

1- المعادلة التي مررنا بها لا نعود اليها

2- اذا وصلنا الى مادة (مركب او عنصر) من مواد المعادلة الهدف ووجدناه في اكثر من معادلة من المعادلات المعطاة نتركه ونذهب الى المادة التي بعده

3- ليس الهدف من قانون هيس العمل على جميع مواد المعادلة الهدف وانما المرور على جميع المعادلات المعطاة للحصول على المعادلة الهدف

4- اذا اضطررنا الى العمل على مادة موجودة في اكثر من معادلة قبل العمل على هذه المادة يجب التأكد كم مول حصلنا عليها سابقا ثم نعمل عليها

للتذكير

1- عند قلب المعادلة نقلب اشارة قيمة الانثالبي.

2- عند ضرب المعادلة في اي رقم نضرب قيمه الانثالبي في نفس الرقم.

3- عند قسمة المعادلة على اي رقم نقسم قيمه الانثالبي على نفس الرقم

4- عند قلب المعادلة وضربها في اي رقم تقلب الاشارة وتضرب قيمه الانثالبي بنفس الرقم

5- وعند القلب والقسمة تقلب الاشارة وتقسم قيمة الانثالبي على نفس الرقم.

مثال (1-7) احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $CS_{2(l)}$ من عناصرها الأساسية بأثبت صورها.

$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = ? \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \ kJ/mol$

2) $S_{(rhombic)} + O_{2(g)} \longrightarrow SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -296 \ kJ/mol$

3) $CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -1072 \ kJ/mol$

الحل / للحصول على المعادلة الهدف تبقى المعادلة **الاولى** كما هي نضرب **الثانية** في 2 نقلب المعادلة **الثالثة**.

$C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \ kJ/mol$

$2S_{(rhombic)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2SO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -592 \ kJ/mol$

$CO_{2(g)} + 2SO_{2(g)} \longrightarrow CS_{2(l)} + 3O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = 1072 \ kJ/mol$

$$C_{(graphite)} + 2S_{(rhombic)} \longrightarrow CS_{2(l)} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad 86 \ kJ/mol$$

تمرين (1-8) احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين $C_2H_{2(g)}$ من عناصرها الأساسية.

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} \quad \Delta H_f^\circ = \quad kJ/mol$$

اذا أعطيت المعادلات الحرارية الآتية.

1) $C_{(graphite)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -394 \ kJ/mol$

2) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286 \ kJ/mol$

3) $2C_2H_{2(g)} + 5O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 2H2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -2599 \ kJ/mol$

الحل / للحصول على المعادلة الهدف نضرب المعادلة **الاولى** في 2 تبقى **الثانية** كما هي نقلب **الثالثة** ونقسم على 2.

$2C_{(graphite)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -788 \ kJ/mol$

$H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \quad \Delta H_r^\circ = -286 \ kJ/mol$

$2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \quad \Delta H_r^\circ = +1299.5 \ kJ/mol$

$$2C_{(graphite)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{2(g} \quad \Delta H_f^\circ = \Delta H_r^\circ \quad +225.5 \ kJ/mol$$

السؤال 1-21 اكتب نص قانون هيس وفسر فائدته في الكيمياء الحرارية ومن المعادلات الحرارية التالية عند حرارة 25C° وضغط 1atm

1) $H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \longrightarrow 2HCl_{(g)}$ $\Delta H_r° = -185$ kJ

2) $2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ kJ

احسب ΔHr° للتفاعل الاتي

$$4HCL_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$$

الحـــل / قانون هيس ينص

(عند تحويل المتفاعلات الى نواتج فان التغير في انثالبي التفاعل هو نفسه سواء تم التفاعل في خطوة واحـــدة او سلسلة من الخطوات) **فائدته** تكمن في أمكانية قياس انثالبي التفاعلات التي لا يمكن قياسها بشكل مباشر لكون حدوثها غير ممكن لبطئها او لتكون نواتج جانبية.

ولإيجاد $\Delta H_r°$ للتفاعل الاتي $4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$

نقلب المعادلة **الأولى** ونضربها في 2 اما المعادلة **الثانية** تبقى كما هي.

$4HCl_{(g)} \longrightarrow \cancel{2H_{2(g)}} + 2Cl_{2(g)}$ $\Delta H_r° = +370$ kJ

$\cancel{2H_{2(g)}} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(l)}$ $\Delta H_r° = -484$ kJ

$4HCl_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2Cl_{2(g)} + 2H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = -114$ kJ

السؤال 1-22 من أسئلة الفصل / واجب

اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية

1) $\frac{1}{2}N_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow NO_{2(g)}$ $\Delta H_r° = 33$ kJ

2) $N_{2(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$ $\Delta H_r° = 11$ kJ

احسب ΔHr° للتفاعل الأتي :-

$2NO_{2(g)} \longrightarrow N_2O_{4(g)}$ $\Delta H_r = ?$ kJ

الحـــل/ واجب سيكون الناتج -55KJ

السؤال 1-23 اذا اعطيت المعادلات الحرارية الآتية عند الظروف القياسية

1) $FeO_{(s)} + H_{2(g)} \longrightarrow Fe_{(s)} + H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = 25$ kJ

2) $3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta H_r° = -318$ kJ

3) $H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ $\Delta H_r° = -242$ kJ

احسب $\Delta Hr°$ للتفاعل الآتي :-

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = ?$ kJ

الحل/ نقلب المعادلة الاولى ونضربها في 3 وتبقى المعادلة الثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة .

$3Fe_{(s)} + 3H_2O_{(g)} \longrightarrow 3FeO_{(s)} + 3H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = -75$ kJ

$3FeO_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)}$ $\Delta H_r° = -318$ kJ

$H_2O_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)}$ $\Delta H_r° = +242$ kJ

$3Fe_{(s)} + 4H_2O_{(g)} \longrightarrow Fe_3O_{4(s)} + 4H_{2(g)}$ $\Delta H_r° = -151$ kJ

سؤال(1-35) اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من غاز CO و H_2 وCH_3OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (727- ,286- ,284 -) احسب $\Delta H°r$ باستخدام قانون هيس للتفاعل الاتي

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$

الحل/ نكتب معادلات الاحتراق لكل من CO و H_2 و CH_3OH

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H°r = -284$ KJ/mol

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O$ $\Delta H°r = -286$ KJ/mol

$CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \longrightarrow CO_2 + 2H_2O$ $\Delta H°r = -727$ KJ/mol

وللحصول على المعادلة الاصلية تبقى المعادلة الاولى كما هي ونضرب الثانية في 2 ونقلب الثالثة

$CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\Delta H°r = -284$ KJ/mol

$2H_2 + O_2 \longrightarrow 2H_2O$ $\Delta H°r = -572$ KJ/mol

$CO_2 + 2H_2O \longrightarrow CH_3OH + \frac{3}{2}O_2$ $\Delta H°r = +727$ KJ/mol

---

$CO + 2H_2 \longrightarrow CH_3OH$ $\Delta H°r = -129$ KJ/mol

الاثرائيات الخاصة بموضوع هيس

مثال اضافي15 احسب انثالبية التكوين القياسية ΔH_f° لغاز CO اذا علمت ان حرارة تفكك CO_2 هي $+394\ KJ/mole$ وان حرارة التفاعل الاتي $\Delta Hr^{\circ} = -283KJ$ لـ $CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$.

الحل/

المعادلة الهدف $C + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_{(g)}$

المعادلات المعطاة

معادلة تفكك غازCO_2 : $CO_2 \longrightarrow C + O_2$ $\quad \Delta H°r = +394\ kJ$

المعادلة التالية : $CO + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow CO_2$ $\quad \Delta H°r = -283\ kJ$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى ونقلب الثانية ايضا

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} \quad \Delta Hr° = -394\ kJ/mol$$
$$CO_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \quad \Delta Hr° = +283\ kJ/mol$$

$$C_{(graphite)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{(g)} \quad \Delta Hr° = -111\ kJ/mol$$

مثال اضافي16 احسب قيمة التغير في المحتوى الحراري اللازمة لتحول مول واحد من الماس الى الكرافيت اذا علمت ان انثالبي الاحتراق للماس = $-395.4\ kJ/mol$ و ان انثالبي الاحتراق للكرافيت = $-393.5\ kJ/mol$

الحل / نكتب معادلة احتراق مول واحد لكل من الماس والكرافيت

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \quad \Delta Hr° = \Delta Hc° = -395.4\ kJ/mol$$
$$C_{(graphit)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \quad \Delta Hr° = \Delta Hc° = -393.5\ kJ/mol$$

للحصول على معادلة تحول الماس الى كرافيت تبقى المعادلة الاولى كما هي ونقلب الثانية

$$C_{(dimond)} + O_{2(g)} \longrightarrow CO_2 \quad \Delta Hr° = -395.4\ kJ/mol$$
$$CO_2 \longrightarrow C_{(graphit)} + O_{2(g)} \quad \Delta Hr° = +393.5\ kJ/mol$$

$$C_{(dimond)} \longrightarrow C_{(graphit)} \quad \Delta Hr° = -1.9\ KJ/mol$$

تابع دربك بالحياة، ولا تقف إذا واجهتك الصّعاب.

مثال اضافي17 يحترق البيوتان C_4H_{10} فيعطي CO_2 وسائل الماء ويبعث حرارة مقدارها -2878 kJ/mol بينما يحترق ليعطي CO_2 وبخار الماء ويبعث حرارة مقدارها 2658- kJ/mol. احسب حرارة تبخر الماء.

الحل/ نكتب معادلة الاحتراق المعطاة في السؤال

$$C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{2}O_{2\,(g)} \longrightarrow 4CO_{2\,(g)} + 5H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = -2878\ kJ/mol$$

$$C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 4CO_{2(g)} + 5H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -2658\ kJ/mol$$

المعادلة الهدف هي حرارة تبخر الماء والتبخر هو التحول من السائل الى بخار الماء (الغاز)

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى وتقسم على 5 والمعادلة الثانية تقسم على 5

$$\frac{4}{5}CO_{2\,(g)} + H_2O_{(l)} \longrightarrow \frac{1}{5}C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{10}O_{2\,(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -575.6\ kJ/mol$$

$$\frac{1}{5}C_4H_{10\,(g)} + \frac{13}{10}O_{2\,(g)} \longrightarrow \frac{4}{5}CO_{2\,(g)} + H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -531.6\ kJ/mol$$

$$H_2O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = 44\ kJ/mol$$

مثال اضافي18 اذا علمت ان حرارة الاحتراق لغاز الايثان C_2H_6 = 1600 kJ/mol - و ان حرارة الاحتراق لغاز الاثلين C_2H_4 = 1440 kJ/mol – وان ΔHr° للتفاعل الاتي $H_2 + \frac{1}{2}O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$ = -286 kJ/mol احسب ΔHr° للتفاعل التالي

$$C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)}$$

الحل/

المعادلة الهدف

$$C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)}$$

المعادلات المعطاة 1) معادلة احتراق غاز الايثان.

$$C_2H_{6\,(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -1600kJ/mol$$

2) معادلة احتراق غاز الاثلين.

$$C_2H_{4\,(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ = -1440kJ/mol$$

3) المعادلة المعطاة

$$H_2 + \frac{1}{2}O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -286kJ/mol$$

للحصول على المعادلة الهدف تقلب المعادلة الاولى وتبقى الثانية والثالثة كما هي.

$$2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)} + \frac{7}{2}O_{2(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = +1600kJ/mol$$

$$C_2H_{4\,(g)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta Hr^\circ = -1440kJ/mol$$

$$H_2 + \frac{1}{2}O_{(l)} \longrightarrow H_2O_{(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -286kJ/mol$$

$$C_2H_{4\,(g)} + H_{2(g)} \longrightarrow C_2H_{6\,(g)} \qquad \Delta Hr^\circ = -126kJ/mol$$

مثال اضافي19 جد انثالبي التكوين القياسية لسكر الكلوكوز $C_6H_{12}O_6$ اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من H_2 و C و $C_6H_{12}O_6$ بوحدات kJ/mol هي على التوالي (2808, -394, - 286-)

الحـــــل/ نكتب معادلة الهدف وهي تكوين سكر الكلوكوز

$6C_{(كرافيت)} + 6H_{2(g)} + 3O_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \quad \Delta Hf^\circ = ?$

ثانيا نكتب معادلات احتراق كل من H_2 و C و $C_6H_{12}O_6$

$H_2 + \frac{1}{2}O_2 \longrightarrow H_2O \quad \Delta Hr^\circ = \Delta H_C^\circ = -286\ kJ/mol$

$C + O_2 \longrightarrow CO_2 \quad \Delta Hr^\circ = \Delta H_C^\circ = -394\ kJ/mol$

$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 + 6H_2O \quad \Delta Hr^\circ = \Delta H_C^\circ = -2808\ kJ/mol$

وللحصول على المعادلة الاصلية نضرب المعادلة الاولى في 6 و الثانية في 6 ونقلب الثالثة

$6H_2 + 3O_2 \longrightarrow 6H_2O \quad \Delta Hr^\circ = -1716\ kJ/mol$

$6C + 6O_2 \longrightarrow 6CO_2 \quad \Delta Hr^\circ = -2364\ kJ/mol$

$6CO_2 + 6H_2O \longrightarrow C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \quad \Delta Hr^\circ = +2808\ kJ/mol$

$6C_{(كرافيت)} + 6H_{2(g)} + 3O_2 \longrightarrow C_6H_{12}O_6 \quad \Delta Hf^\circ = \Delta Hr^\circ = -1272\ kJ/mol$

مثال اضافي20 جد انثالبي التكوين القياسية لكحول المثيل C_2H_5OH اذا علمت ان انثالبي احتراق كل من H_2 و C و C_2H_5OH بوحدات kJ/mol هي على التوالي (1367, -394, - 286-)

الحـــــل/ واجب سيكون الناتج -279KJ/mol

" التحضير اليومي "
سر من اسرار التفوق
فلا تهمل هذا السر

ثانيا :-طريقة استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية

يمكن استخدام قيم ΔH_f° لحساب ΔH_r° باستخدام العلاقة التالية

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(Products)} - \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب ΔH_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [g\Delta H_f^\circ(G) + h\Delta H_f^\circ(H)] - [a\Delta H_f^\circ(A) + b\Delta H_f^\circ(B)]$$

ملاحظات مهمة قبل الدخول الى حل مسائل استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية.

1. لابد من التذكير ان هناك عناصر بأثبت صورها ΔH_f° لها = صفر.
   مثل $H_{2(g)}$ و $O_{2(g)}$ و $N_{2(g)}$ و $Br_{2(l)}$ و $I_{2(s)}$ و $Cl_{2(g)}$ و $F_{2(g)}$ و $Al_{(s)}$ .... الخ.
2. أفضل طريقة لحل المسألة رياضيا هي ان ننهي ناتج كل طرف بدقة ثم نقوم بعميلة طرح الطرف الاول من الثاني.
3. ربما يعطي ΔH_r° للتفاعل ويعطي ΔH_f° لإطراف المعادلة مع إبقاء عنصر او مادة مجهولة الـ ΔH_f°.
4. اذا كان الطرف الثاني ناتجه سالب فتصبح العملية الطرف الاول + الطرف الثاني كما موضح
   [الطرف الاول] - [- الطرف الثاني] = [الطرف الاول] + [الطرف الثاني]

مثال 1-8 يجري تفاعل الثرميت وفق المعادلة التالية.

$$2Al_{(s)} + Fe_2O_{3(s)} \longrightarrow Al_2O_{3(s)} + 2Fe_{(l)} \quad kJ=?$$

احسب انثالبي التفاعل القياسية لهذا التفاعل اذا علمت ان

$\Delta H_f^\circ\ Fe_{(l)} = 12\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ\ Al_2O_{3(s)} = -1670\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ\ Fe_2O_{3(s)} = -822\ kJ/mol$

الحــــــل/

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [\Delta H_f^\circ(Al_2O_{3(s)}) + 2\Delta H_f^\circ(Fe_{(l)})] - [2\Delta H_f^\circ(Al_{(s)}) + \Delta H_f^\circ(Fe_2O_{3(s)})]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-1670) + (2 \times 12)] - [(2 \times 0) + (-822)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -1670 + 24 + 822 = -1670 + 846 = -824\ kJ$$

يمكن عدم كتابة هذه الخطوة ولا يحاسب الطالب وزاريا وهذا ما ستلاحظه في الاسئلة القادمة

تمرين 1-9 يحترق البنزين (C_6H_6) في الهواء ليعطي غاز CO_2 والماء السائل أحسب ΔH_r° لهذا التفاعل اذا علمت

$\Delta Hf^\circ(H_2O_{(l)}) = -286k\ J/mol$ $\Delta Hf^\circ\ CO_{2\ (g)} = -394\ k\ J/mol$ $\Delta Hf^\circ(C_6H_{6(l)}) = 49\ k\ J/mol$

الحــــــل / معادلة احتراق البنزين السائل هي.

$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 6CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$$

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ(P) - \sum n\Delta H_f^\circ(R)$$

$$\Delta H_r^\circ = [6(-394) + 3(-286)] - [(49) + (\tfrac{15}{2} \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = -2364 - 858 - 49 = -3271\ kJ/mol$$

سؤال 26-1 احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب $HPO_{3(l)}$.

$$P_4O_{10(s)} + 4HNO_{3(l)} \longrightarrow 4HPO_{3(l)} + 2N_2O_{5(g)} \quad \Delta H_r^\circ = -180kJ$$

$\Delta H_f^\circ(P_4O_{10(s)}) = -2984$ kJ/mol $\Delta H_f^\circ(HNO_{3(l)}) = -174$ kJ/mol $\Delta H_f^\circ(N_2O_{5(l)}) = -43$kJ/mol

الحـــــل/

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(P)} - \sum n\Delta H_f^\circ{}_{(R)}$$

$$-180 = [4X + (2 \times -43)] - [(-(2984) + (4 \times -174)]$$

$$-180 = 4X - 86 + 2984 + 696$$

$$-4X = -86 + 2984 + 696 + 180$$

$$-4X = -86 + 3860 \Longrightarrow -4X = 3774$$

$$X = \frac{3774}{-4} = -943.5 \text{ kJ/mol} = \Delta H_f^\circ HPO_{3(l)}$$

سؤال 19-1 في مسعر حراري وضع 2.6g من الاستيلين C_2H_2(M=26g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 130 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للاستيلين اذا علمت.

$\Delta Hf^\circ(H_2O) = -286$ kJ/mol $\Delta Hf^\circ(CO_2) = -393.5$ kJ/mol

الحـــــل/ نجد اولا قيمة كمية الحرارة المنبعثة من مول واحد من الاستيلين داخل المسعر والتي = $\Delta H^\circ r$

$$n(\text{mol}) = \frac{m(g)}{M(\frac{g}{mol})} = \frac{2.6g}{26\ g/mol} = 0.1 \text{ mol}$$

وعليه الحرارة المتحررة من احتراق 1mol من الاستيلين =

q	mol
-130	0.1
X	1

$$X = \frac{-130\ kJ}{0.1\ mol} = -1300 kJ/mol$$

نكتب الان معادلة احتراق الاستيلين

$$C_2H_{2(g)} + \frac{5}{2}O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + H_2O_{(l)}$$



$$\Delta Hr^\circ = \sum n\Delta Hf^\circ(P) - \sum n\Delta Hf^\circ(R)$$

$$-1300 = [(2 \times -393.5) + (-286)] - [(X) + (0)]$$

$$-1300 = -787 - 286 - X$$

$$X = -787 - 286 + 1300 \Longrightarrow X = -1073 + 1300$$

$$X = 227 \text{ kJ/mol} = \Delta Hf^\circ C_2H_2$$

ملاحظات عن هذا السؤال :-

1- مطلوب السؤال يريد انثالبي التكوين القياسية للاستيلين وهذا يستخرج بطريقتين الاولى اما عن طريق تعريف انثالبي التكوين القياسية وهذا صعب لان المعادلة ليست من عناصر اولية والمتكون اكثر من مول .

او عن طريق استخدام قيم انثالبي التكوين القياسية بالاعتماد على انثالبي التفاعل القياسية وهذا يتطلب امرين

اولا :- ايجاد انثالبي التفاعل القياسية وسيتم استخراجها بالاعتماد على معلومات المسعر.

ثانيا :- معادلة للتفاعل وسيتم كتابتها بالاعتماد على احتراق الاستيلين .

2- تم استخراج كمية حرارة المسعر المنبعثة بوحدة كيلو جول لكل مول واحد بخطوتين لان كمية الحرارة معطاة بالسؤال وبوحدة الكيلو جول وبذلك الغيت الخطوة الاولى والثانية والخامسة.

نصيحة اذا وجدت في سؤال ΔHf° لمركب ما مجهولة وهناك ΔHf° لمركبات اخرى في نفس السؤال معلومة فاستخدم القانون

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\Delta Hf^\circ(P) - \sum n\Delta Hf^\circ(R)$$



سؤال 25-1 احسب ΔH_r° عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm

$$2NH_{3(g)} + 3O_{2(g)} + 2CH_{4(g)} \longrightarrow 2HCN_{(g)} + 6H_2O_{(g)}$$

علما ان

$\Delta H_f^\circ(NH_{3(g)}) = -46\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ(CH_{4(g)}) = -75\ kJ/mol$

$\Delta H_f(HCN_{(g)}) = 135\ kJ/mol$ $\Delta H_f^\circ(H_2O_{(g)}) = -242\ kJ/mol$

الحل / واجب سيكون الناتج -940 kJ

مثال اضافي21 احسب انثالبي التكوين القياسية للمركب لكحول المثيل CH_3OH اذا علمت ان حرارة احتراق مول واحد منه = -726.5 kJ/mol علما ان

$\Delta Hf^\circ(H_2O) = -286\ kJ/mol$ $\Delta Hf^\circ(CO_2) = -393.5\ kJ/mol$

الحل / نكتب معادلة احتراق كحول المثيل بما ان الحرق لمول واحد يمكن القول $\Delta Hr^\circ = \Delta Hc^\circ$

$$CH_3OH_{(l)} + \frac{3}{2}O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \quad \Delta Hc^\circ = \Delta Hr^\circ = -726.5\ kJ/mol$$

$$\Delta Hr^\circ = \sum n\Delta Hf^\circ(P) - \sum n\Delta Hf^\circ(R)$$

$$-726.5 = [(1 \times -393.5) + (2 \times -286)] - [(X) + (0)]$$

$$-726.5 = -393.5 - 572 - X$$

$$X = -393.5 - 572 + 726.5 \Longrightarrow X = -965.5 + 726.5$$

$$X = -239\ kJ/mol = \Delta Hf^\circ\ CH_3OH$$

مثال اضافي22 في مسعر حراري وضع 3.2g من الميثان CH_4(M=16g/mol) فوجد ان كمية الحرارة المنبعثة من الاحتراق = 178 kJ احسب انثالبي التكوين القياسية للميثان اذا علمت.

$\Delta Hf^\circ(H_2O) = -286\ kJ/mol$ $\Delta Hf^\circ(CO_2) = -394\ kJ/mol$

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون: -76kJ/mol

مثال اضافي23 احسب $\Delta Hr°$ للتفاعل $CO + NO_2 \longrightarrow CO_2 + NO$ اذا علمت ان قيم $\Delta Hf°$ لكل من CO_2 و NO_2 و CO بوحدات kJ/mol هي على التوالي (394 - ,33+ ,114-)
وايضا لديك المعادلات التالية.

$$1)\quad N_2 + 2O_2 \longrightarrow 2NO_2 \quad \Delta Hr° = +66\ kJ/mol$$

$$2)\quad 2NO + O_2 \longrightarrow 2NO_2 \quad \Delta Hr° = -114\ kJ/mol$$

الحـــــــــل/ واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون: -227kJ/mol

---

مثال اضافي24 يحترق البنزين(C_6H_6) في الهواء ليبعث حرارة مقدارها 3271KJ/mol- ويعطي غاز ثنائي اوكسيد الكاربون وسائل الماء احسب انثالبي التكوين القياسية $\Delta H_f^°$ للبنزين اذا علمت أن: $\Delta H_f^°\ H_2O_{(l)} = -286KJ/mole$, $\Delta H_f^°\ CO_2 = -394KJ/mole$

$$C_6H_{6(l)} + \frac{15}{2}O_{2(g)}$$

الحـــــــــل/ واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج يجب ان يكون: 49kJ/mol

1– 14العمليات التلقائية

هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي ومن الأمثلة عليه.

- سقوط الماء من أعلى الشلال ولكن صعوده أليه مستحيل.
- انتقال الحرارة من الجسم الحار الى الجسم البارد ولكن عكس العملية صحيح.
- ذوبان قطعة السكر في كوب من القهوة ولكن السكر المذاب لا يتجمع تلقائيا كما في شكله الابتدائي.
- انـجماد الماء تلقائيا تحت 0C° وينصهر الجليد تلقائيا فوق 0C°.
- يصدأ الحديد تلقائيا عندما يتعرض للأوكسجين والرطوبة ولكن صدأ الحديد لا يمكن ان يتحول تلقائيا الى الحديد .

س/ ما هو السبب الذي يجعل بعض العمليات تحدث تلقائيا؟

ان احد الأجوبة الأكثر قبولا هو ان جميع العمليات التلقائية يرافقها **انخفاض في طاقة النظام الكلية** اي الطاقة النهائية اقل من الطاقة الابتدائية للنظام.

لذا يلاحظ ان اغلب التفاعلات التي يرافقها انخفاض في الطاقة اي الانثالبي كما في حالات التفاعل الباعثة للحرارة تحدث تلقائيا عند الظروف القياسية مثل أحتراق الميثان.

$$CH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow CO_{2(g)} + 2H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_r^\circ = -890kJ$$

س/ هل ان كل تفاعل تلقائي هو باعث للحرارة

ج/ كلا و لسبب بسيط هو انه هناك تغيرات فيزيائية وكيميائية تحدث تلقائيا وتكون ماصة للحرارة .
مثل انصهار الجليد في درجة حرارة الغرفة عملية تلقائية رغم انها ماصة للحرارة.

$$H_2O_{(s)} \longrightarrow H_2O_{(l)} \qquad \Delta H_{fus} = 6kJ$$

اغلب عمليات التفكك والتحلل والانصهار تحدث تلقائيا بدرجات الحرارة العالية.

مما تقدم يمكن القول انه التفاعلات الماصة و الباعثة للحرارة ممكن ان تحدث تلقائيا او ان تكون غير تلقائية بمعنى اخر لا يمكننا ان نقرر التفاعل تلقائي هو باعث او ماص للحرارة ولعمل هذا النوع من التوقع نحتاج الى حالة ثرموداينمكية جديدة تسمى **الانتروبي** (S).

1-15 الانتروبي (S)

هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينمكي ويرمز لها بالحرف (S).

- ان سبب إدخال دالة الحالة الانتروبي للتنبؤ بتلقائية التفاعل.
- كلما كان الانتظام قليلا في النظام (عشوائية اكبر) كانت قيمة الانتروبي كبيرة والعكس صحيح.
- ان الانتروبي دالة حالة شانها شان الانثالبي لذا لا يمكن قياس القيم المطلقة لها وانما يقاس التغير الحاصل في الانتروبي.

$$\Delta S = S_f - S_i$$

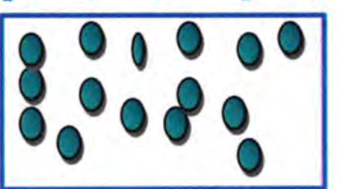
حيث S_f الانتروبي النهائية S_i الانتروبي الابتدائية

- ان جميع التفاعلات الكيميائية والتحولات الفيزيائية السابقة والتي تجري بشكل تلقائي يرافقها دائما زيادة في الانتروبي بشكل عام (أحفظ)

انتروبي الحالة الغازية دائما أكبر من انتروبي الحالة السائلة الذي هو اكبر من انتروبي الحالة الصلبة.

بعض الحالات التي تؤدي الى زيادة الانتروبي للنظام.

- في عملية الانصهار للمواد الصلبة تكون الذرات او الجزيئات في الحالة الصلبة محصورة في مواقع ثابتة وعند الانصهار فان هذه الذرات او الجزيئات تبدأ بالحركة لذا تتحرك خارج الشبكة البلورية مما يزيد من عشوائيتها.
- في عملية التبخر للحالة السائلة تؤدي الى زيادة الانتروبي أيضا وهي اكبر بكبير من تلك الزيادة في عملية الانصهار بسبب ان الذرات والجزيئات في الطور الغازي تنتشر بشكل عشوائي أكثر لملئ الفراغات جميع الحيز الذي تتواجد فيه.





خلاصة مهمة جدا جدا

- عند التحول من الصلب الى السائل تزداد الانتروبي + ΔS ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام
- عند التحول من السائل الى البخار تزداد الانتروبي + ΔS ($\Delta S > 0$) بسبب التحول من النظام الى اللانظام.
- عند ذوبان صلب او سائل في مذيب وتكون محلول تزداد الانتروبي. ذوبان غاز يقل الانتروبي.
- التسامي زيادة في الانتروبي. يعني كل تسخين زيادة كل تبريد يقل الانتروبي
- كل تسخين زيادة في الانتروبي كل تبريد يقل الانتروبي
- اذا كانت عدد مولات الناتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات زيادة في الانتروبي واذا كانت اقل يقل الانتروبي
- عند زيادة الضغط يقل الانتروبي (لماذا).
- في تفاعل ما كان نفس عدد المولات في النواتج والمتفاعلات فالطرف الذي فيه عدد أكثر من المواد هو الذي يكون فيه زيادة في الانتروبي مثل التفاعل ادناه $2HBr_{(g)} \longrightarrow H_{2(g)} + Br_{2(g)}$
- نلاحظ ان عدد المولات في الطرفين متساوي لكن هناك زيادة في انتروبي النواتج لان عدد موادها أكثر

مثال 1-9 تنبأ اذا كان التغير في الانتروبي ΔS أكبر او اقل من الصفر للعمليات التالية؟

أ) تجمد كحول المثيل.

الانجماد تحول من سائل الى صلب وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

ب) تبخر سائل البروم

التبخر تحول من سائل الى غاز وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

جـ) ذوبان الكلوكوز في الماء.

ذوبان الكلوكوز تحول من صلب الى سائل وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

د) تبريد غاز النتروجين من 80C° الى 20C°

كل تبريد انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر

($\Delta S < 0$)

تمرين 1- 10 كيف تتغير انتروبي النظام للعمليات التالية.

أ) تكثيف بخار الماء.

التكثف تحول من غاز الى سائل وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

ب) تكون بلورات السكر من محلوله فوق المشبع.

التبلور تحول من سائل الى صلب وبالتالي انتروبي اقل اي التغير اقل من الصفر ($\Delta S < 0$)

جـ) تسخين غاز الهيدروجين من 20C° الى 80C°.

كل تسخين انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر

($\Delta S > 0$)

د) تسامي اليود الصلب.

التبخر تحول من صلب الى غاز وبالتالي انتروبي اكثر اي التغير اكبر من الصفر ($\Delta S > 0$)

سؤال 1-28 ماذا تعني العملية التلقائية ثم أعط مثاليين لكل من العمليات التلقائية وغير التلقائية.

الجواب / هي عملية فيزيائية او كيميائية يمكن ان تحدث من تلقاء نفسها عند ظروف معينة دون تأثير خارجي.

ومن الامثلة على التلقائية 1ـ سقوط الماء من أعلى الشلال 2ـ ذوبان قطعة السكر في الماء.

ومن الامثلة على غير التلقائية 1ـ تسلق قمة جبل ايفرست 2ـ تجمع السكر الى شكله الابتدائي.

سؤال 1-29 اي من العمليات تلقائية او غير تلقائية.

أ)ذوبان ملح الطعام في الماء ؟ ج/ عملية تلقائية

ب) تسلق قمة ايفرست ج/ عملية غير تلقائية

جـ) انتشار رائحة عطر بعد فتح الغطاء ج/ عملية تلقائية.

د) فصل الهليوم والنيون من مزيج الغازات ج / عملية غير تلقائية

سؤال 1-30 عرف الانتروبي وما هي وحدات الانتروبي؟

الجواب / هي دالة حالة ثرموداينمكية تعتبر مقياس درجة للعشوائية او لا انتظام النظام الثرموداينميكي ويرمز لها بالحرف (S). ووحداته هي J/ K.mol

حساب الانتروبي القياسية للتفاعلات الكيميائية

يمكننا علم الثرموداينمك من حساب قيمة الانتروبي المطلقة التي سيكون رمزها $S°$ لجميع العناصر والمركبات والتي يمكن استخدامها لقياس التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta S_r°$ من العلاقة التالية.

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta S°_{(Products)} - \sum nS°_{(Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب $\Delta S_r°$ للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta S_r° = [\, gS°(G) + hS°(H)\,] - [aS°(A) + bS°(B)]$$

مثال 1-10 احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C°$ وضغط 1atm؟

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2\,(g)}$$

اذا علمت ان $S°(CO) = 198$ J/K.mol $S°(O_2) = 205$J/K.mol

$S°(CO_2) = 214$ J/K.mol

الحـــل/

$$\Delta Sr° = \sum nS°(Products) - \sum nS°(Reactants)$$
$$\Delta Sr° = [\,2S°(CO_2)\,] - [\,2S°(CO) + S°(O_2)]$$
$$\Delta Sr° = [\,(2 \times 214)\,] - [\,(2 \times 198) + 205]$$
$$\Delta Sr° = (428) - (601) = -173 \text{ J/K.mol}$$

تمرين 11-1 احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm؟

$$4FeO_{(s)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2Fe_2O_{3(s)}$$

اذا علمت ان $S^{\circ}(Fe_2O_3) = 87\ J/K.mol$ $S^{\circ}(O_2) = 205J/$

$S^{\circ}(FeO) = 27\ J/K.mol$

الحـــل/

$$\Delta Sr^{\circ} = \sum nS^{\circ}(Products) - \sum nS^{\circ}(Reactants)$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [(2 \times 87)] - [(4 \times 27) + (3 \times 205)] =$$
$$\Delta Sr^{\circ} = (174) - (108 + 615) = 174 - 723 = -549\ J/k.mol$$

سؤال 32-1 من اسئلة الفصل احسب التغير في انتروبي التفاعل القياسية ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm؟

$$SiH_{4(g)} + 2O_{2(g)} \longrightarrow SiO_{2(s)} + 2H_2O_{(l)}$$

اذا علمت ان $S^{\circ}(SiH_4) = 206\ J/K.mol$ $S^{\circ}(O_2) = 205J/mol$

$S^{\circ}(SiO_2) = 42\ J/K.mol$ $S^{\circ}(H_2O) = 70J/mol$

الحـــل/

$$\Delta Sr^{\circ} = \sum nS^{\circ}(Products) - \sum nS^{\circ}(Reactants)$$
$$\Delta Sr^{\circ} = [(42) + (2 \times 70)] - [(206) + (2 \times 205)]$$
$$\Delta Sr^{\circ} = (42 + 140) - (206 + 410) = 182 - 616 = -434\ J/k.mol$$

سؤال 33-1 اذا علمت ان قيمة ΔSr° للتفاعل التالي

$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_2\ (g)$ = 137J/k.mol عند حرارة $25C^{\circ}$ وضغط 1atm

وان قيم $S^{\circ}(O_2) = 205J/mol$ فما هي قيمة S° للاوزون؟

الحـــل/

$$\Delta Sr^{\circ} = \sum nS^{\circ}(Products) - \sum nS^{\circ}(Reactants)$$
$$137 = [(3 \times 205)] - [2S^{\circ}(O_3)]$$
$$2S^{\circ}(O_3) = 615 - 137 = 478$$
$$S^{\circ}(O3) = \frac{478}{2} = 239J/K.mol$$

سؤال 27-1 احسب ΔSr° للتفاعل التالي في الظروف القياسية $25C^{\circ}$ وضغط 1atm؟

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \longrightarrow 2NH_{3(g)}$$

اذا علمت $S(NH_3) = 193\ J/K.mol$, $S(H_2) = 131\ J/K.mol$, $S(N_2) = 192\ J/K.mol$

الجواب / واجب و الناتج سيكون -199J/K.mol

16–1 طاقة كبس الحرة (G).

وجد العالم كبس علاقة تربط بين **الانثالبي**(H) **والانتروبي** (S) تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل بشكل ابسط من الاعتماد على استخدام قيم الإنثالبي والإنتروبي. ولذا يمكن تعريفها بالشكل التالي

طاقة كبس الحرة(G) : هي دالة حالة ثرموداينمكية تتيح لنا التنبؤ بتلقائية التفاعل وتمثل الطاقة العظمى التي يمكن الحصول عليها من قياس التغير في الانتروبي والانثالبي.

ان التغير في طاقة كبس الحرارة يمثل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

اما كيف تعد مؤشرا لتلقائية التفاعل من إشارتها وبالصورة الآتية

1. ΔG قيمة **سالبة** ($\Delta G < 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي **تلقائي**.
2. ΔG قيمة **موجبة** ($\Delta G > 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي **غير تلقائي**.
3. ΔG **صفر** ($\Delta G = 0$) يعني التفاعل او التغير الفيزيائي في حالة **اتزان**.

1-16-1 طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل (ΔGr°).

سؤال 1-34 عرف طاقة كبس الحرة للتكوين القياسية وما هي وحداتها؟

الجواب / هي مقدار التغيير في الطاقة الحرة عند تكوين **مول** من اي مركب من عناصره الأساسية بأثبت صورها عند الظروف القياسية عند حرارة $25C^\circ$ وضغط 1atm ويرمز لها ΔG_f° ووحداتها kJ/mol

ويمكن أيجاد قيم طاقة كبس الحرة للتفاعل القياسية بمعادلة تشبه معادلة أيجاد انثالبي التفاعل القياسية.

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta G_f^\circ{}_{(Products)} - \sum n\Delta G_f^\circ{}_{(Reactants)}$$

حيث n عدد مولات المتفاعلات (Reactants) والنواتج (Products) و $\sum$ تعني مجموع.

للتوضيح أكثر لنأخذ التفاعل الحراري الآتي

$$aA + bB \longrightarrow gG + hH$$

يمكن حساب ΔG_r° للتفاعل أعلاه بالصورة التالية

$$\Delta H_r^\circ = [\, g\Delta G_f^\circ (G) + h\Delta G_f^\circ (H) \,] - [a\Delta G_f^\circ (A) + b\Delta G_f^\circ (B)]$$

مثال 1-11 احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟ ملاحظة في اسئلة طاقة كبس الحرة يجب ذكر التفاعل تلقائي ام لا حتى وان يطلب ذلك في السؤال

$$2C_6H_{6(l)} + 15O_{2(g)} \longrightarrow 12CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

$\Delta G_f^\circ\ C_6H_{6(l)} = 173$ k J/mol , $\Delta G_f^\circ\ CO_{2(g)} = -394$ k J/mol $\Delta G_f^\circ\ H_2O_{(l)} = -237$ k J/mol

الحــــل/ نستخدم العلاقة التالية

$$\Delta Gr^\circ = \sum n\Delta Gf^\circ{}_{(P)} - \sum n\Delta Gf^\circ{}_{(R)}$$

$$\Delta Gr^\circ = [(12 \times -394) + (6 \times -237)] - [(2 \times 173) + 15 \times 0)]$$

$$\Delta Gr^\circ = [(-4728) + (-1422)] - [346] = -6496 \text{ k J/mol}$$ القيمة سالبة التفاعل تلقائي



تمرين 12-1 احسب طاقة كبس الحرة القياسية للتفاعل التالي عند الظروف القياسية بين هل يجري التفاعل تلقائيا ام لا عند هذه الظروف؟

$$2NO_{(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2NO_{2(g)}$$

$\Delta G_f^\circ\ NO_{(g)} = 87\ kJ/mol$ $\quad\quad$ $\Delta Gf^\circ\ NO_{2\ (g)} = 52\ kJ/mol$

الحــــــل/نستخدم العلاقة التاليه:-

$$\Delta Gr^\circ = \sum n\Delta Gf^\circ (P) - \sum n\Delta Gf^\circ (R)$$

$$\Delta Gr^\circ = [(2 \times 52)] - [(2 \times 87) + (0)]$$

$\Delta Gr^\circ = [104] - [174] = -70\ kJ/mol$ بما انه القيمة سالبة اذا يجري التفاعل بشكل تلقائي

تطبيقات معادلة كبس واتجاه سير التفاعلات الكيميائية

تعد معادلة كبس مهمة جدا عند تطبيقها على التفاعلات الكيميائية وذلك لان استخدام قيم ΔG تغنينا عن اخذ التغيرات التي تحدث في الانثالبي والانتروبي.

س/ ما هي اكثر عاملين يضمنان تلقائية التفاعل.

1- طاقة الانثالبي اقل ما يمكن اي قيمة ΔH سالبة اي تفاعل باعث.

2- طاقة الانتروبي اعلى ما يمكن اي قيمة ΔS موجبة (والسبب لانه ΔS توجد ضمن الحد($T\Delta S$)لذا اذا كانت قيمتها أعلى من ΔH ستصبح قيمة ΔG سالبة اي التفاعل تلقائي)

س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على تلقائية التفاعل.

ج / في التفاعل الباعث العشوائي دائما التفاعل تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G = - - (+) = - - =$ دائما -

هذه عملية جمع وليس ضرب وسالب + سالب = سالب

س/ متى لا يكون لدرجة الحرارة تأثير على عدم تلقائية التفاعل.

ج / في التفاعل الماص المنتظم دائما التفاعل غير تلقائي مهما كانت درجة الحرارة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$\Delta G = + - (-) = + + =$ دائما +

ملاحظات أخرى قبل الدخول في الأسئلة الخاصة بكبس

1. للتذكير ΔG سالبة التفاعل تلقائي ΔG موجبة التفاعل غير تلقائي.
2. عمليات الانصهار – التبخر (الغليان) – التسامي عمليات ماصة للحرارة اي ΔH موجبة وهي أيضا عمليات تزداد فيها العشوائية اي ΔS موجبة.
3. عمليات الانجماد (التبلور) - التكثيف (الندى) هي عمليات باعثة للحرارة اي ΔH سالبة وايضا عمليات تقل فيها العشوائية اي ΔS سالبة.
4. حينما يقول مسبب انخفاض درجة حرارة المحلول اي العملية ماصة. والعكس باعثة .
5. ذوبان صلب أو سائل زيادة الانتروبي ΔS موجبة وعلى الأغلب هي عمليات ماصة.
6. ذوبان غاز يقل الانتروبي ΔS سالبة وهي عمليات باعثة.
7. عملية تحلل تفكك (ماصة - عشوائية) الاندماج (باعثة تقل العشوائية).
8. أهم نقطة هو انه سواء قال العملية تلقائية او غير تلقائية نحن نفترض حدوثها لكن ان قال تلقائية يجب أثبات ΔG قيمة سالبة وان قال لا تتم او غير تلقائية يجب إثباتها موجبة.

السؤال 39 من اسئلة الفصل علل ما يأتي وفق علاقة كبس

1- عملية انصهار الجليد تلقائية بالظروف الاعتيادية.

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S >$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

2- لا يتحلل الماء الى عناصره الاولية بالظروف الاعتيادية

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S <$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اصغر}} = +$

3. يذوب غاز SO_2 في الماء ويبعث حرارة عالية.

ج/ العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S <$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- - (-) = - +_{\text{اصغر}} = -$

4. لا تتفكك كاربونات الكالسيوم بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S <$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اصغر}} = +$

5. تفكك اوكسيد الزئبق II تلقائي دائما بدرجات الحرارة العالية

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S >$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$+ - (+) = + -_{\text{اكبر}} = -$

6 -لا يتجمد الماء تلقائيا بالظروف الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S >$ من الحد ΔH

$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$

$- - (-) = - +_{\text{اكبر}} = +$

ملاحظات بيني وبينك تسهل عليك حل هذه التعاليل

1- اذا ذكر العملية ولم يذكر معها لا او غير او ذكر تلقائية هذا يعني اشارة ΔG سالبة.

2- اذا ذكر العملية و ذكر معها لا او غير هذا يعني اشارة ΔG موجبة.

3. ابدا باشارة الانتروبي ΔS كونها سهلة جدا ان اشارة الانثالبي ΔH على الاغلب تحمل نفس اشارتها

4- اذا كانت اشارة الانثالبي والانتروبي مشابهة لإشارة ΔG نقول الحد $T\Delta S <$ من الحد ΔH

5 - اذا كانت اشارة الانثالبي والانتروبي مخالفة لإشارة ΔG الحرة نقول الحد $T\Delta S >$ من الحد ΔH

مثال اضافي 25 تعاليل اضافية وفق علاقة كبس

1- عملية تبخر سائل البروم تلقائية بالحرارة العالية.

ج / العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$- = -_{اكبر} + = (+) - +$$

2- عملية الندى عملية تلقائية في فصل الشتاء

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ = -_{اصغر} + = (+) - +$$

3. عدم سقوط الامطار صيفيا

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة.

العملية تحول من اللانظام الى النظام اي ΔS سالبة

والحد $T\Delta S$ < من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ = +_{اكبر} - = (-) - \quad -$$

4. لا ينصهر الحديد بالحرارة الاعتيادية.

ج / العملية غير تلقائية ΔG موجبة

العملية ماصة للحرارة ΔH موجبة.

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

والحد $T\Delta S$ > من الحد ΔH

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

$$+ = -_{اصغر} + = (+) - +$$

5- يتحلل الاوزون الى الاوكسجين بدرجات الحرارة الاعتيادية.

ج / يتحلل الاوزون وفق المعادلة التالية

$$2O_{3(g)} \longrightarrow 3O_{2(g)}$$

العملية تلقائية ΔG سالبة

العملية باعثة للحرارة ΔH سالبة .(حالة خاصة)

العملية تحول من النظام الى اللانظام اي ΔS موجبة

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S$$

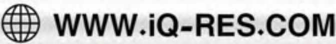
$$- = - - = (+) - (-)$$

التفاعل تلقائي في جميع درجات الحرارة

6. يسيل غاز النتروجين بالتبريد. (واجب)

7- لا ينصهر الثلج في درجات الحرارة المنخفضة. (واجب)

8. سقوط الامطار تلقائيا بالحرارة المنخفضة . (واجب)






يمكن استخدام علاقة كبس اذا تم قياس قيمة $\Delta Hr°$ و $\Delta Sr°$ للتفاعل عند الظروف القياسية $25C°$ وضغط $1atm$ على الصورة الآتية.

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

سؤال 1-15 جد قيمة $\Delta G°r$ للتفاعل الاتي

$$2CO_{(g)} + O_2 \longrightarrow 2CO_{2(g)}$$

الذي يجري بالظروف القياسية اذا اعطيت المعلومات الاتية

$\Delta H°_f (CO) = -110.5\ kJ/mol$ $\quad \Delta H°_f (CO_2) = -393.5\ kJ/mol$

$S° (CO) = 198\ J/K.mol$ $\quad S° (CO_2) = 214\ J/K.mol$ $\quad S° (O_2) = 205\ J/K.mol$

الحـــل/

نجد اولا قيمة $\Delta H°r$

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f° (P) - \sum n\Delta H_f° (R)$$

$$\Delta H_r° = [(2\Delta H_f° CO_{2(g)})] - [(2\Delta H_f° CO_{(g)}) + (\Delta H_f° O_{2(g)})]$$

$$\Delta H_r° = [(2 \times -393.5)] - [(2 \times -110.5) + (0)]$$

$$\Delta H_r° = (-787) - (-221) = -787 + 221 \quad -566\ kJ/mol$$

ثم نجد قيمة $\Delta S°r$

$$\Delta S_r° = \sum nS° (Products) - \sum nS° (Reactants)$$

$$\Delta S_r° = [2S° (CO_2)] - [2S° (CO) + S°(O_2)]$$

$$\Delta S_r° = [(2 \times 214)] - [(2 \times 198) + 205]$$

$$\Delta S_r° = (428) - (601) = -173\ J/K.mol$$

نحول الان قيمة $\Delta S°r$ بوحدة $k.J/K.mol$

$$\Delta S_r° (kJ/K.mol) = -173\ J/K.mol \times \frac{1KJ}{1000J} = -0.173\ k.J/K.mol$$

$$T_{(K)} = t(c°) + 273 \quad 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = -566\ kJ/mol - (298\ K \times -0.173\ k.J/K.mol)$$

$$\Delta G_r° = -566\ kJ/mol - (-51.554\ kJ/mol) = -514.4\ kJ/mol$$

بما ان قيمة $\Delta G_r°$ سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

سؤال 1- 31 للتفاعل التالي

$$2H_{2(g)} + O_{2(g)} \longrightarrow 2H_2O_{(g)}$$

أحسب قيمة $\Delta Sr°$ للتفاعل بوحدات J/K.mol

علما ان $\Delta G°f\ (H_2O) = -228KJ/mol$ $\Delta H°f\ (H_2O) = -242KJ/mol$

الحـــــل/

نستخرج قيمة $\Delta H°r$ للتفاعل

$$\Delta H_r° = \sum n\Delta H_f°\ (P) - \sum n\Delta H_f°\ (R)$$

$$\Delta H_r° = [\ (2\Delta H_f°\ H_2O)] - [(2\Delta H_f° H_2) + (\ \Delta H_f° O_2)]$$

$$\Delta H_r° = [(2 \times -242)] - [\ (0) + (0)] = -\ 484\ kJ/mol$$

نستخرج قيمة $\Delta G°r$ للتفاعل

$$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f°\ (P) - \sum n\Delta G_f°\ (R)$$

$$\Delta G_r° = [\ (2\Delta G_f°\ H_2O)] - [(2\Delta G_f° H_2) + (\ \Delta G_f° O_2)]$$

$$\Delta HG_r° = [(2 \times -228)] - [\ (0) + (0)] = -\ 456\ kJ/mol$$

نحول درجة الحرارة من $C°$ الى K

$$T_{(K)} = t(c°) + 273 \quad 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$T\Delta S°r = \Delta H_r° - \Delta G°r$$

$$\Delta S°r = \frac{\Delta Hr° - \Delta G°r}{T}$$

$$\Delta S°r = \frac{-484KJ/mol + 456KJ/mol}{298\ K}$$

$$\Delta S°r = \frac{-\ 28\ Kl/mol}{298\ K} = -\ 0.094\ kJ/K.mol$$

$$\Delta S°r_{(J/K.mol)} = 0.094kJ/K.mol \times 1000\ J/kJ = -94J/K.mol$$

انتبه جيدا وفرق بين $\Delta H°_f$ و $\Delta H°_r$ ونفس الامر ينطبق على $\Delta G°_f$ و $\Delta G°_r$
للتذكير قيم الانثالبي والطاقة الحرة للعناصر في حالتها القياسية =0



مثال 12-1 للتفاعل الآتي : $C_2H_5OH_{(l)} + 3O_{2(g)} \longrightarrow 2CO_{2(g)} + 3H_2O_{(l)}$

بالاستعانة بالمعلومات التالية.

المادة	ΔH_f° kJ/ mol	S° J/K. mol
$C_2H_5OH_{(l)}$	-278	161
$O_{2(g)}$	0	205
$CO_{2(g)}$	-394	214
$H_2O_{(l)}$	-286	70

أحسب أ) ΔHr° ب) ΔSr° ج) ΔGr° عند الظروف القياسية.

الحـــــل

أ) حساب ΔHr°

$$\Delta H_r^\circ = \sum n\Delta H_f^\circ \text{ (Products)} - \sum n\Delta H_f^\circ \text{ (Reactants)}$$

$$\Delta H_r^\circ = [2\Delta H_f^\circ(CO_2) + 3\Delta H_f^\circ(H_2O)] - [\Delta H_f^\circ(C_2H_5OH) + 3\Delta H_f^\circ(O_2)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(2 \times -394) + (3 \times -286)] - [-278 + (3 \times 0)]$$

$$\Delta H_r^\circ = [(-788) + (-858)] - [-278] = -1368 \text{ kJ/ mol}$$

ب) حساب ΔSr°

$$\Delta S_r^\circ = \sum nS^\circ \text{ (Products)} - \sum nS^\circ \text{ (Reactants)}$$

$$\Delta S_r^\circ = [2S^\circ(CO_2) + 3S^\circ(H_2O)] - [S^\circ(C_2H_5OH) + 3S^\circ(O_2)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(2 \times 214) + (3 \times 70)] - [161 + (3 \times 205)]$$

$$\Delta S_r^\circ = [(428) + (210)] - [161 + 615$$

$$\Delta S_r^\circ = (638) - (776)] = -138 \text{ J/K. mol}$$

$$\Delta S_r^\circ \text{ (kJ/K. mol)} = -138 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000\,J} = -0.138 \text{ k.J/K. mol}$$

جـ) حساب ΔGr° نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T_{(K)} = t(c^o) + 273 = 25 + 273 = 298 \text{ K}$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368 \text{ kJ/ mol} - (298K \times -0.138 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r^\circ = -1368 \text{ kJ/ mol} - (-41.124 \text{ kJ/ mol}) = -1326.874 \text{ kJ/ mol}$$

بما ان قيمة ΔGr° سالبة فالتفاعل يجري بشكل تلقائي.

تمرين 13-1 احسب ΔGr° للتفاعل الأتي عند الظروف القياسية

$$C_5H_{12(l)} + 8O_{2(g)} \longrightarrow 5CO_{2(g)} + 6H_2O_{(l)}$$

حيث تم حساب قيمة ΔH_r° وكانت تساوي -3536 kJ/ mol

وكذلك تم حساب ΔS_r° وكانت = 374 J/K. mol

الحـــل/ اولا نحول وحدات ΔSr° الى k.J/K. mol

$$\Delta S_r^\circ (kJ/K.\ mol) = 374\ J/K.\ mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.374\ k.J/K.\ mol$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T_{(K)} = t(c^\circ) + 273 \quad 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G_r^\circ = \Delta H_r^\circ - T\Delta S_r^\circ$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536\ kJ/\ mol - (298K \times 0.374\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r^\circ = -3536\ kJ/\ mol - (111.425\ kJ/\ mol) = -3647.425\ kJ/\ mol$$

تمرين (14-1) اذا كان لدينا التفاعل الأتي / واجـــــــب

$$HCOOH \longrightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$$

فاذا كانت قيمة ΔHr° تساوي 16 kJ/ mol

والتغير في الانتروبي ΔSr° = 234 J/K. mol

احسب قيمة التغير في الطاقة الحرة القياسية للتفاعل عند الظروف القياسية وهل التفاعل تلقائي ام غير تلقائي

الجواب / للتأكد من الحل سيكون الناتج 53.7kJ/mol-



مثال اضافي26 في التفاعل الأتي $HCOOH_{(l)} \rightarrow CO_{(g)} + H_2O_{(l)}$ فإذا كانت قيمة $\Delta Hr° =$ 16 KJ/mole و $\Delta S°r= 234$ J/k.mole وان $\Delta Gf°$ CO= -137KJ/mole و $\Delta Gf°$ لسائل الماء تساوي -237KJ/mole ، احسب مقدار الطاقة الحرة للتكوين القياسية $\Delta Gf°$ لحامض الفورميك HCOOH عند 25C° وتحت ضغط (1atm) .

الحـــــل / نحول قيمة $\Delta S°r$ بوحدة k.J/K.mol

$$\Delta S_r° \text{ (kJ/K. mol)}= 234 \text{ J/K. mol} \times \frac{1KJ}{1000J} \quad 234 \text{ k.J/K. mol}$$

نحول درجة الحرارة من C° الى K

$$T(K) = t_{(C°)} + 273 = 25 + 273 = 298K$$

نـجد الان طاقة كبس الحرة القياسية.

$$\Delta G_r° = \Delta H_r° - T\Delta S_r°$$

$$\Delta G_r° = 16 \text{ kJ/ mol} - (298 \text{ K} \times 0.234 \text{ k.J/K. mol})$$

$$\Delta G_r° = 16 \text{ kJ/ mol} - (69.732 \text{ kJ/ mol}) = -53.732 \text{ kJ/ mol}$$

$$\Delta Gr° = \sum n\Delta Gf° (P) - \sum n\Delta Gf° (R)$$

$$-53.732 = [(-137) + (-237)] - [(X)]$$

$$X=-137 -237 +53.723 = -374 + 53.732= -320.268$$

مثال اضافي27 احسب مقدار التغير في انتروبي التفاعل القياسية $\Delta Sr°$ للتفاعل التالي عند الظروف القياسية $2CO_{(g)}+O_{2(g)} \rightarrow 2CO_{2(g)}$

اذا علمت ان قيم $\Delta Hf°$ بوحدات kJ/mole لـ $(CO_2=-393.5, CO=-110.5)$

وان قيم $\Delta Gf°$ بوحدات kJ/mole لـ $(CO_2=-394, CO=-137)$.

الحـــــل/ واجب وللتأكد من صحة الحل سيكون الناتج/ -174J/K.mol

ملاحظات قبل الدخول الى حل سؤالي 36 و 37

اولاً: في سؤال 36 يطلب درجة الحرارة التي يكون التفاعل عندها تلقائي لكن لم يعطي درجة حرارة لذا نقوم بالخطوات التالية:

1) نعتبر التفاعل متوازن وقيمة ΔG_r = صفر اي ان $\Delta H = T\Delta S$.
2) نوحد وحدات ΔH مع ΔS.
3) نقوم بالعلاقة التالية $T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$ ونستخرج درجة الحرارة بوحدة الكلفن.
4) ستعطى في السؤال قيم ΔH و ΔS بنفس الإشارة وحسب الآتي:
   - ✓ إذا كانت الاشارات موجبة ... فيجب تسخين التفاعل الى أكثر من درجة حرارة الاتزان.
   - ✓ إذا كانت الاشارات سالبة فيجب ... تبريد التفاعل الى اقل من درجة حرارة الاتزان.

ثانيا: في سؤال 37 اعطى درجة الحرارة ويطلب درجة الحرارة التي يكون فيها التفاعل تلقائي إذا لم يكن التفاعل تلقائي لذا نقوم بالخطوات التالية:

1) نطبق علاقة $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$ كاملة كون الحرارة موجودة إذا ظهرت سالبة انتهى حل السؤال
2) إذا كانت موجبة يعني التفاعل غير تلقائي وهنا نفرض الحرارة صفر ونقوم بنفس خطوات حل سؤال (36) مع مراعاة توحيد وحدات ΔH مع ΔS.

سؤال (1-36) جد درجة الحرارة التي تصبح عندها التفاعلات التالية تلقائية إذا علمت ان قيم ΔH و ΔS لها

التفاعل A $\Delta S = +48$ J/K.mol , $\Delta H = +126$ kJ/mol.

جـ ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر وعليه تصبح معادلة كبس بالشكل التالي

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة الـ ΔS من J/K.mol الى وحدات kJ/K.mol

$$\Delta S^{\circ}_r\ (kJ/K.mol) = 48\ J/K.mol \times \frac{1kJ}{1000\ J} = 0.048\ kJ/K.\ mol$$

$$T = \frac{126\ kJ/mol}{0.048\ kJ/K.mol} = 2625\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من 2625 K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

التفاعل B $\Delta S = -105$ J/K.mol , $\Delta H = -12$ kJ/mol.

جـ ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$\Delta S^{\circ}_r\ (kJ/K.mol) = -105\ J/K.mol \times \frac{1kJ}{1000\ J} = -0.105\ kJ/K.mol$$

$$T = \frac{-12\ kJ/mol}{-0.105\ kJ/K.mol} = 114.3\ K$$

وعليه يجب تبريد التفاعل الى اقل من 114.3K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

سؤال (1-37) من قيم ΔH و ΔS تنبأ اي من التفاعلين سيكون تلقائي عند درجة حرارة 25^oC وضغط 1 atm

التفاعل A $\Delta S = 30\ J/K.mol\ ,\ \Delta H = 11\ kJ/mol$

التفاعل B $\Delta S = 113\ J/K.mol\ ,\ \Delta H = 2\ kJ/mol$

إذا لم يكونا التفاعلين تلقائيين فعند اي درجة الحرارة سيكون التفاعليين تلقائيين.

التفاعل A/



اولا نحول وحدات ΔS°_r الى kJ/K. mol

$$\Delta S^\circ_r\ (kJ/K.mol) = 30\ J/K.\ mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.030\ kJ/K.\ mol$$

نحول درجة الحرارة من ^oC الى K

$$T(K) = T(^oC) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$

$$\Delta G^\circ_r = 11\ kJ/\ mol - (298\ K \times 0.\ 030\ kJ/K.\ mol)$$

$$\Delta G^\circ_r = 11\ kJ/\ mol - (8.94\ kJ/mol) = 2.06\ kJ/mol$$

بما ان قيمة ΔG°_r موجبة فالتفاعل غير تلقائي.

وعليه لإيجاد درجة الحرارة التي يصبح فيها التفاعل تلقائي

نفرض قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

$$T = \frac{11\ kJ/mol}{0.03\ kJ/K.mol} = 366.66\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى أكثر من 366.66 K لكي يصبح التفاعل تلقائي.

التفاعل B/



اولا نحول وحدات ΔS°_r الى kJ/K.mol

$$\Delta S^\circ_r\ (kJ/K.mol) = 113\ J/K.mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.113\ kJ/K.mol$$

نحول درجة الحرارة من ^oC الى K

$$T\ (K) = T(^oC) + 273 = 25 + 273 = 298\ K$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$

$$\Delta G^\circ_r = 2\ kJ/mol - (298\ K \times 0.113\ kJ/K.mol)$$

$$\Delta G^\circ_r = 2\ kJ/mol - (33.674\ kJ/mol) = -31.674\ kJ/mol$$

بما ان قيمة ΔG°_r سالبة فالتفاعل تلقائي

مثال اضافي 28 جد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل التالي تلقائي إذا علمت ان قيم $\Delta S = +400\ J/K.mol\ ,\ \Delta H = +200\ kJ/mol$.

الحـــــل/ ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر وعليه تصبح معادلة كبس بالشكل التالي

$$0 = \Delta H - T\Delta S \rightarrow T\Delta S = \Delta H \rightarrow T = \frac{\Delta H}{\Delta S}$$

نحول وحدة الـ ΔS من $J/K.mol$ الى وحدات $kJ/K.mol$

$$\Delta S^{\circ}_{r}\ (kJ/K.mol) = 400\ J/K.mol \times \frac{1kJ}{1000\ J} = 0.4\ kJ/K.\ mol$$

$$T = \frac{200\ kJ/mol}{0.4\ kJ/K.mol} = \frac{2000\ kJ/mol}{04\ kJ/K.mol} = 500\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى اكثر من $500\ K$ لكي يصبح التفاعل تلقائي.

مثال اضافي 29 جد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل التالي تلقائي إذا علمت ان قيم $\Delta S = -325\ J/K.mol\ ,\ \Delta H = -650\ kJ/mol$..

الحـــــل/ واجب وللتأكد من صحة الحل:- الحرارة 2000 ولكن تسخين او تبريد جوابه يترك للطالب.

....

....

....

....

سؤال 1- 38 للتفاعل الاتي $CaCO_{3(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$

غير تلقائي بالظروف الاعتيادية بين حسابيا بأي درجة حرارة يصبح التفاعل تلقائي اذا علمت ($927\ C^{o}$. $627\ C^{o}$) اذا علمت ان $\Delta Hr^{\circ} = 178.5\ kJ/mol$ و $\Delta Sr^{\circ} = 160 J/K.\ mol$

أولا : نـــجد ΔGr° عند حرارة $627\ C^{o}$

$$T = 627 + 273 = 900C^{o}$$

$$\Delta S_r^{\circ}\ (kJ/K.\ mol) = 160\ J/K.\ mol \times \frac{1KJ}{1000\ J} = 0.16\ k.J/K.\ mol$$

$$\Delta G_r^{\circ} = \Delta H_r^{\circ} - T\Delta S_r^{\circ}$$

$$\Delta G_r^{\circ} = 178.5\ kJ/\ mol - (900K \times 0.16\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r^{\circ} = 178.5 - 144.0 = 34.5\ k.J/mol$$

التفاعل غير تلقائي عند حرارة $627\ C^{o}$

ثانيا : نـــجد ΔGr° عند حرارة $927\ C^{o}$

$$T = 927 + 273 = 1200C^{o}$$

$$\Delta G_r^{\circ} = \Delta H_r^{\circ} - T\Delta S_r^{\circ}$$

$$\Delta G_r^{\circ} = 178.5\ kJ/\ mol - (1200K \times 0.16\ k.J/K.\ mol)$$

$$\Delta G_r^{\circ} = 178.5 - 192 = -13.5\ k.J/mol$$

التفاعل تلقائي عند حرارة $927\ C^{o}$



سؤال (1-24) تتفكك كاربونات الكالسيوم حسب المعادلة الاتية

$$CaCO_{3\,(s)} \longrightarrow CaO_{(s)} + CO_{2\,(g)}$$

قيمة $\Delta S^\circ_r = 160\ J/K.mol$ فاذا علمت ان ΔH°_f لكل من CO_2 و CaO و $CaCO_3$ هي على التوالي بوحدات $(-1207\ ,\ -635\ ,\ -393.5)\ kJ/mol$ جد

1) ΔH°_r للتفاعل ثم ارسم مخطط الطاقة.

2) ΔG°_r للتفاعل.

3) درجة الحرارة التي سيصبح عندها التفاعل تلقائي.



ج

1) نجد اولا قيمة الانثالبي ومخطط الطاقة

$$\Delta H^\circ_r = \sum n\ \Delta H^\circ_f\ (P) - \sum n\ \Delta H^\circ_f\ (R)$$

$$\Delta H^\circ_r = [(\Delta H^\circ_f\ CaO) + (\Delta H^\circ_f\ CO_2)] - [(\Delta H^\circ_f\ CaCO_3)]$$

$$\Delta H^\circ_r = [(-635) + (-393.5)] - [(-1207)]$$

$$\Delta H^\circ_r = (-1028.5) + (1207) = 178.5\ kJ/mol$$

2) ايجاد قيمة ΔG°_r

نحول اولا الان قيمة ΔS°_r بوحدة $kJ/K.mol$

$$\Delta S^\circ_r\ (kJ/K.\ mol) = 160\ J/K.\ mol \times \frac{1\ kJ}{1000\ J} = 0.16\ kJ/K.\ mol$$

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r$$

$$\Delta G^\circ_r = 178.5\ kJ/mol - (298\ K \times 0.16\ kJ/K.mol)$$

$$\Delta G^\circ_r = 178.5\ kJ/mol - (47.68\ kJ/mol) = 130.82\ kJ/\ mol$$

3) لإيجاد درجة الحرارة التي يصبح عندها التفاعل تلقائي

نفرض التفاعل متوازن حيث ان قيمة ΔG عند التوازن = صفر

$$\Delta G^\circ_r = \Delta H^\circ_r - T\Delta S^\circ_r \rightarrow T = \frac{\Delta H^\circ_r}{\Delta S^\circ_r}$$

$$T = \frac{178.5\ kJ/mol}{0.16\ kJ/K.mol} = 1115.6\ K$$

وعليه يجب تسخين التفاعل الى أكثر 1115.6 من لكي يصبح التفاعل تلقائي.

1-17 حساب انتروبي التغيرات الفيزيائية

درجة حرارة الانصهار (Tm): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها الصلبة الى السائلة.

درجة حرارة الغليان (Tb): هي الدرجة التي تتحول بها المادة من حالتها السائلة الى الغازية.

ان معادلة الانصهار تكون بالشكل $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$ حيث fus تعني انصهار و T_m درجة الانصهار.

ومعادلة التبخر (الغليان) تكون بالشكل $\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$ حيث vap تعني تبخر و T_b درجة الغليان.

علاقة تروتن: هي علاقة وجدها العالم تروتن حيث وجد ان لأغلب السوائل قيمة ثابتة للأنتروبي ($\Delta S = 85$ J/K.mol) علل لوجود تشابه في حركة جزيئات السوائل وتركيبها وحركة ابخرتها
وبذلك تصبح معادلة الغليان بالشكل الاتي:

$$85\ J/K.mol = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

مثال (1-13) احسب انثالبي التبخر ΔH_{vap} للهكسان عند الاتزان بوحدة kJ/mol اذا علمت ان درجة غليانه = 69°C ؟

استخدمنا هذه العلاقة لعدم وجود انتروبي تبخر في السؤال ولكن في حالة وجود انتروبي او يكون مجهول نبتعد عن هذه العلاقة ونطبق العلاقة الاصلية $\Delta S_{fus} = \frac{\Delta H_{fus}}{T_m}$

جـ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T (K) = T (°C) + 273 = 69 + 273 = 342\ K$$

$$85\ J/K.mol = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$\Delta H_{vap} = 85\ J/K.mol \times 342\ K = 29070\ J/mol$$

$$\Delta H_{vab}\ (J/mol) = 29070\ J/mol \times \frac{1\ KJ}{1000\ J} = 29.07\ kJ/mol$$

تمرين (1-15) احسب التغير في الانتروبي للتحول الاتي

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

عند درجة غليان 100°C علما ان $\Delta H^\circ_{vap} = 44$ kJ/mol

جـ نحول درجة الحرارة من السيليزي الى الكلفن.

$$T (K) = T (°C) + 273 = 100 + 273 = 373\ K$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{44\ kJ/mol}{373\ K} = 0.118\ kJ/K.mol$$

$$\Delta S_{vap} = 0.118\ kJ/K.mol \times 1000\ J/kJ = 118\ J/K.mol$$

مثال اضافي 30 اذا علمت ان انثالبي التبخر ΔH_{vap} لمركب عضوي عند الاتزان يساوي $34kJ/mol$ احسب درجة غليانه بوحدات الكلفن عند الاتزان

$$\Delta S_{vap} = \frac{\Delta H_{vap}}{T_b}$$

$$T_b = \frac{\Delta H_{vap}}{\Delta S_{vap}}$$

$$\Delta S_{vap} = \frac{85\ J/K.mol}{1000J/kJ} = 0.085\ kJ/K.mol$$

$$T_b = \frac{34kJ/mol}{0.085\ kJ/K.mol} = \frac{34000kJ/mol}{085\ kJ/K.mol} = 400\ K$$

مثال اضافي 31 اذا علمت ان انثالبي التبخر ΔH_{vap} لمركب عضوي عند الاتزان يساوي $51000J/mol$ احسب درجة غليانه بوحدات السيليزي عند الاتزان

الحـــــــل/ واجب ولن تعطى قيمة الناتج لانها فكرة السؤال

حل اسئلة الفصل الاول

سؤال2 / ما هي وحدات الانثالبي والانتروبي وطاقة كبس الحرة بالوحدات الدولية (SI)

ج/ الانثالبي وحدتها kJ/mol الانتروبي وحدتها J/K.mol طاقة كبس الحرة وحدتها kJ/mol

سؤال3 / ما المقصود بالتعابير الاتية

الكيمياء الحرارية:- علم يهتم بدراسة الحرارة الممتصة والمنبعثة نتيجة التغيرات الفيزيائية والكيمائية بمعنى ابسط انها تهتم بحساب انثالبي التفاعلات الكيمائية والتغييرات الفيزيائية

عملية باعثة للحرارة : هي العملية التي تصاحبها تحرر حرارة من النظام الى المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي سالبة.

عملية ماصة للحرارة : هي العملية التي يصاحبها امتصاص حرارة للنظام من المحيط وقيمة التغير لها في الانثالبي قيمة موجبة.

سؤال4 / ماذا تعني داله الحالة ج/ راجع الملزمة ص 12

سؤال5 / لماذا من الضروري بيان الحالة الفيزيائية عند كتابة التفاعلات الحرارية.

الجواب / لان كمية الحرارة الممتصة او المتحررة تتغير بتغير الحالة الفيزيائية لمواد التفاعل.

سؤال6 / ما الفرق بين الحرارة النوعية والسعة الحرارية. ما وحدات هاتين الكميتين.

الحرارة النوعية	السعة الحرارية
هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة مقدارها غرام واحد من اي مادة درجة سيليزية واحدة	هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة كتلة غرام من اي مادة درجة سيليزية واحدة
وحداتها (J/g.C°) ويرمز لها (ς)	وحداتها (J/ C°) ويرمز لها (C)
هي من الخواص المركزة .	هي من الخواص الشاملة.

سؤال7 / ما لفرق بين الخواص المركزة والخواص الشاملة / راجع الملزمة ص12 تعاريفهما.

سؤال8 / صف المسعر الحراري الذي بواسطته تتم قياس الحرارة الممتصة او المنبعثة عند ثبوت الضغط.

الجواب / يتكون المسعر من وعاء للتفاعل مغمور في كمية معينة من الماء(معروفة الكتلة)موجودة في وعاء معزول عزلا جيدا.

من سؤال 9 الى سؤال 39 محلولة مع مواضيعها

الفصل الاول انتهى

كنز الكيمياء

الاستاذ
مهند علي السوداني

2019

الفصل الثاني

الاتزان الكيميائي



المركز التسويقي
ملازم دار المغرب
07702729223


تابعونا على التلي كرام
@iQRES


موقع طلاب العراق
WWW.iQ-RES.COM


ملازم
دار المغرب

الفصل الثاني الاتزان الكيميائي

2 - 1 التفاعلات غير الانعكاسية والتفاعلات الانعكاسية

التفاعل الكيميائي : هو عملية تتحول فيها مادة واحدة او اكثر الى مواد جديدة تختلف في صفاتها عن المادة التي تفاعلت في البداية.

المعادلة الكيميائية: هي التعبير عن التفاعل الكيميائي وهي اختصار علمي يمثل التحول الحاصل في المواد المتفاعلة للحصول على المواد الناتجة ويمثل السهم في المعادلة اتجاه التفاعل.

تقسم التفاعلات الكيميائية حسب اتجاه التفاعل الى

1- التفاعلات غير الانعكاسية: وهي التفاعلات الكيميائية والتي يتم فيها استهلاك احد او جميع المواد المتفاعلة استهلاكا تاما ولا يمكن للمواد الناتجة القدرة على ان تتفاعل لتكوين المواد التي تكونت منها مثل أحتراق بنزين السيارات (التامة)

أمثلة على تفاعلات غير انعكاسية

$$NaOH + HCl \longrightarrow 2NaCl + H_2O$$

2- التفاعلات الانعكاسية: وهي التفاعلات التي يتم فيها تحول المواد المتفاعلة الى نواتج في بداية التفاعل ويكون للمواد الناتجة المقدرة على ان تتفاعل مع بعضها لتكوين المواد التي تكونت منها مرة أخرى (غير التامة)

أمثلة على تفاعلات انعكاسية.

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)}$$

او تغيرات فيزيائية مثل تبخر الماء (في نظام مغلق).

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_2O_{(g)}$$

2 - 2 التفاعلات الانعكاسية و حالة الاتزان

كما وضحنا ان اغلب التفاعلات الانعكاسية تستمر باتجاهين متعاكسين بظروف التفاعل نفسها مثلا عند ظروف مناسبة يتفاعل غاز H_2 مع غاز N_2 لتكوين غاز الامونيا في بداية هذا التفاعل يكون التفاعل أمامي سريعا وهو تفاعل سريع يرمز R_f باتجاه تكوين الامونيا بمرور الوقت وبزيادة تركيز الامونيا تتحلل الامونيا الناتجة لتكوين غاز الهيدروجين والنتروجين بسرعة مقدارها R_b (سرعة التفاعل الخلفي) يستمر كل التفاعلين بالاتجاهين المتعاكسين حتى يصل التفاعل الى حالة معينة تتساوى عندها سرعتي التفاعل الامامي والخلفي ($R_f = R_b$) فيصل التفاعل الى حالة تدعى بحالة الاتزان الكيميائي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

حيث k_f تمثل ثابت سرعة التفاعل الأمامي و K_b تمثل ثابت سرعة التفاعل الخلفي

- تظهر التفاعلات التي تصل حالة اتزان انها توقف لكنها في الحقيقة لا تزال مستمرة في الاتجاهين وعليه يعرف الاتزان الكيميائي بالتعريف ادناه

الاتزان الكيميائي : هي حالة اتزان ديناميكي (حركي) وليست حالة اتزان ستاتيكي(ساكن) اي ان التفاعل مستمر وبكلا الاتجاهين الأمامي والخلفي بالمقدرة والسرعة ذاتها.

2 –3 التفاعلات الانعكاسية المتجانسة وغير المتجانسة

التفاعلات الانعكاسية المتجانسة : – هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور واحد وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

التفاعلات الانعكاسية غير المتجانسة : - هي التفاعلات التي يكون فيها المواد المتفاعلة والمواد الناتجة في طور مختلف وهي تجري دائما في نظام مغلق. ومن الامثلة عليها.

$$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$$

4-2 حالة الاتزان وقانون فعلة الكتلة

عند خلط مول واحد من غاز الهيدروجين مع مول واحد من غاز اليود في اناء التفاعل لتكوين غاز يوديد الهيدروجين عند 445C ° فالمفروض ان يتكون 2 مول من غاز يوديد الهيدروجين.

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

لكن وجد عمليا ان الخليط في حالة الاتزان الديناميكي يحتوي 78% من غاز يوديد الهيدروجين و11% من غازي اليود والهيدروجين وبالعكس ايضا اذا سخن غاز HI يعطي الخليط نفس النسب.
اي هناك علاقة بين سرعة التفاعل الكيميائي وتراكيز المواد تعرف بقانون فعل الكتلة

قانون فعل الكتلة : عند ثبوت درجة الحرارة فان سرعة التفاعل الكيميائي في اي اتجاه كان تتناسب طرديا مع التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة والناتجة مرفوع الى اس يمثل عدد المولات الموضوع امام كل مادة في المعادلة الكيميائية.
وعند تطبيق قانون فعل الكتلة وللتفاعل اعلاه

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \underset{kb}{\overset{kf}{\rightleftharpoons}} 2NH_{3(g)}$$

يمكن التعبير عن سرعة التفاعل الأمامي وسرعة التفاعل الخلفي رياضيا وحسب قانون فعل الكتلة كالاتي

$$R_f = K_f \; [N_2] \, [H_2]^3$$

$$R_b = K_b \, [NH_3]^2$$

2-5 ثابت الاتزان

اشتقاق معادلة ثابت الاتزان

لنفرض لدينا التفاعل الانعكاسي المتزن الاتي.

$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الأمامي نجد ان

$$R_f = K_f [A]^a[b]^b \longrightarrow (1)$$

اما عند تطبيق قانون فعل الكتلة بالنسبة للتفاعل الخلفي نجد ان

$$R_b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (2)$$

عند حصول الاتزان فان سرعة التفاعل الامامي = سرعة التفاعل الخلفي وعليه

$$K_f [A]^a[b]^b = K_b [G]^g[H]^h \longrightarrow (3)$$

وبترتيب معادلة 3 يمكن الحصول على العلاقة التالية.

$$\frac{K_f}{K_b} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \longrightarrow (4)$$

ان قسمة ثابت قيمة k_f على قيمة ثابت k_b هو مقدار ثابت اخر يعرف بثابت الاتزان K_{eq} لذا تصبح معادلة 4 بهذا الشكل

$$K_{eq} = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \longrightarrow (5)$$

س/ عرف ثابت الاتزان K_{eq}

ثابت الاتزان Keq : هو النسبة بين ثابت تناسب سرعة التفاعل الأمامي وثابت تناسب سرعة التفاعل الخلفي.

$$K_{eq} = \frac{k_f}{k_b}$$

ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية K_c	ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزئية K_p
حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب التراكيز المولارية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.	حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد الناتجة عند الاتزان مقسوما على حاصل ضرب الضغوط الجزئية للمواد المتفاعلة كل منها مرفوع لاس عدد مولاتها في معادلة التفاعل الموزونة.
$K_c = \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b}$ (6)	$K_p = \frac{P_G^g \times P_H^h}{P_A^a \times P_B^b}$ (7)

مثال (2 -1) للتفاعل المتزن الاتي

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

وجد ان ثابت سرعة التفاعل الأمامي Kf يساوي 0.11 وثابت سرعة التفاعل الخلفي Kb يساوي 0.05 احسب ثابت الاتزان Keq

الحل/

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.11}{0.05} = 2.2$$

تمرين (2 -1) تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له Keq يساوي 4.24 وثابت سرعة التفاعل الخلفي له Kb = 0.02 احسب ثابت سرعة التفاعل الأمامي Kf

الحل/

$$Keq = \frac{K_f}{K_b} \longrightarrow K_f = K_{eq} \times K_b$$

$$K_f = 4.24 \times 0.02 = 0.0848$$

مثال اضافي1 تفاعل ما متزن ثابت الاتزان له Keq يساوي 6.2 وثابت سرعة التفاعل الامامي له Kf = 3.1 احسب ثابت سرعة التفاعل الخلفي له K_b

$$Keq = \frac{K_f}{K_b} \longrightarrow K_b = \frac{K_f}{K_{eq}}$$

$$K_b = \frac{3.1}{6.2} = 0.5$$

ملاحظات مهمة جدا جدا.

- في التفاعلات ثابت الاتزان Kc يهتم فقط بالمواد الغازية والمحاليل المائية و لا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او سائلة نهمل وجودها لان تراكيزها ثابتة =1M ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط
- في التفاعلات ثابت الاتزان Kp يهتم فقط بالمواد الغازية و لا يهتم بالمواد الصلبة والسائلة والمحاليل المائية اذا وجدنا تراكيز مواد صلبة او سائلة او محاليل مائية نهمل وجودها لان ضغوطها ثابتة =1atm ولكن ان كانت النواتج كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية نضع في البسط 1 اما اذا كانت المتفاعلات كلها صلبة او سائلة او محاليل مائية فيصبح الثابت عبارة عن عملية ضرب فقط

الخلاصة Kc تعترف بالغازات والمحاليل المائية فقط Kp تعترف بالغازات فقط

مثال عام 1 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.

$$2A_{(g)} + 3B_{(l)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 3D_{(s)}$$

$$K_c = \frac{[C]}{[A]^2} \qquad K_p = \frac{1}{P_A^2}$$

وضع 1 في البسط لان النواتج عبارة عن مواد صلبة ومحاليل مائية فقط

مثال عام 2 اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز وبدلالة الضغوط الجزيئية.

$$2A_{(g)} + 2B_{(g)} \rightleftharpoons C_{(aq)} + 2D_{(g)}$$

$$K_c = \frac{[C][D]^2}{[A]^2[B]^2} \qquad K_p = \frac{P_D^2}{P_A^2 \times P_B^2}$$

مثال (2-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية للتفاعلات التالية

$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$

الجواب $K_p = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2}$

$NO_2^-{}_{(aq)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons HNO_{2(aq)} + OH^-{}_{(aq)}$

الجواب $K_p = \frac{[HNO_2][OH^-]}{[NO3^-]}$

مثال (3-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

الجواب $K_p = \frac{P_{NH_3}^2}{P_{N_2} X \ P_{H_2}^3}$

$2Hg_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HO_{(g)}$

الجواب $K_p = \frac{1}{P_{O_2}}$

تمرين (2-2) اكتب ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية والضغوط الجزيئية للتفاعلات التالية

$2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$

$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)}$

$CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons COCl_{2(g)}$

$H_2O_{(g)} + C_{(s)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_{2(g)}$

$2ZnS_{(S)} + 3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2ZnO_{(S)} + 2SO_{2(g)}$

$C_6H_5COOH_{(aq)} \rightleftharpoons C_6H_5COO^-{}_{(aq)} + H^+{}_{(aq)}$

$2NO_{2(g)} + 7H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 4H_2O_{(l)}$

رقم التفاعل	K_c	K_p
الاول	$K_c = \frac{[O_2][CO]^2}{[CO_2]^2}$	$K_p = \frac{P_{CO}^2 \ X \ P_{O2}}{P_{CO2}^2}$
الثاني (واجب)		
الثالث	$K_c = \frac{[COCl_2]}{[CO][Cl_2]}$	$K_p = \frac{P_{COCl_2}}{P_{CO} \ X \ P_{Cl2}}$
الرابع(واجب)		
الخامس	$K_c = \frac{[SO_2]^2}{[O_2]^3}$	$K_p = \frac{P_{SO2}^2}{P_{O2}^3}$
السادس	$K_c = \frac{[C_6H_5COO^-][H+]}{[C_6H_5COOH]}$	1(لان جميع المحاليل مائية)
السابع(واجب)		

6-2 حساب ثابت الاتزان

هناك 4 أنواع من المسائل لحساب ثابت الاتزان.

النوع الاول : – تكون جميع تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة معلومة حيث يتم تعويض هذه القيم في علاقة ثابت الاتزان للتفاعل المعين عند درجة حرارة ثابتة

كيف نعرف انه نوع اول
1- يعطي جميع التراكيز المولارية او جميع الضغوط الجزيئية عند الاتزان ويطلب الثابت.
2- يعطي قيمة الثابت وجميع التراكيز او الضغوط النهائية مع بقاء واحد مجهول يكون مطلب

مثال (2 -4) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[CH_4] = 0.02M$, $[C_2H_2] = 0.05M$, $[H_2] = 0.143M$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة K_c

ملاحظة
لانه اعطى تراكيز كتبنا K_c بدل من K_{eq} بالقانون

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2}$$

$$K_c = \frac{(0.05)(0.143)^3}{(0.02)^2} = \frac{(0.05\ )(0.0029)}{(0.0004)}$$

$$Kc = \frac{(0.05\ )(29)}{(4)} = 0.05\ x7.25 = 3.65$$

تمرين (2 -3) جد قيمة Keq للتفاعل الاتي :

$$2NO_{2(g)} \rightleftharpoons N_2O_{4(g)}$$

اذا علمت ان تراكيز في درجة حرارة معينة عند حصول الاتزان هي

$[NO_2] = 0.017M$, $[N_2O_4] = 0.002M$

الحل / بما انه معطى تراكيز لذا سنستخدم علاقة Kc

$$K_c = \frac{[N_2O_4]}{[NO2]^2} \Rightarrow K_c = \frac{(0.002)}{(0.017)^2} = 6.92$$

مثال اضافي 2 للتفاعل التالي

$$2CH_{4(g)} \rightleftharpoons C_2H_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

اذا علمت ان ثابت الاتزان = 8 وان تراكيز كل من الاستيلين 0. 4M والميثان 0.02M عند الاتزان جد تركيز غاز الهيدروجين عند الاتزان

الحـــــل

$$K_c = \frac{[C_2H_2][H_2]^3}{[CH4]^2}$$

$$[H_2]^3 = \frac{[Kc][CH_4]^2}{[C_2H_2]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{[8][0.02]^2}{[0.4]} = \frac{[8][0.0004]}{[0.4]}$$

$$[H_2]^3 = \frac{8\ X\ 4\ X\ 10-4}{4\ X\ 10^{-1}} = 8\ x10^{-3}$$

نأخذ الجذر التكعيبي

$$[H_2] = 2\ x\ 10^{-1} = 0.2\ M$$

النوع الثاني : ـ تكون قيمة ثابت الاتزان معلومة وتعطى تراكيز او ضغوط جزيئية ابتدائية للمواد المتفاعلة ومطلوب تراكيز المواد المتفاعلة والناتجة عند حصول الاتزان

كيف نعرف انه نوع ثاني
1- يعطي جميع التراكيز المولارية او الضغوط الجزيئية الابتدائية وبقيم متساوية او عدد مولات مرتبطة بحجم.
2- يعطي قيمة الثابت ويطلب النهائية .

مثال (2 -5) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$$

خلط 0.5 مول من H_2 و 0.5 مول من I_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 430 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

علما ان $\sqrt{5.29} = 2.3$

الحل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.5\ mol}{1L} = 0.5\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
0.5	0.5	0
-X	-X	+2X
0.5 – X	0.5 – X	2X

$$K_c = \frac{[HI]^2}{[H_2][I_2]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X][0.5 - X]}$$

$$5.29 = \frac{[2X]^2}{[0.5 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{[2X]}{[0.5 - X]}$$

$2X = 1.15 - 2.3X$

$4.3\ X = 1.15$

$$X = \frac{1.15}{4.3} = 0.267\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [I_2] = 0.500 - 0.267 = 0.233M$

, $[HI] = 2 \times 0.267 = 0.534M$

تمرين (2 -4) للتفاعل الاتي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$$

وضع 0.4 مول من H_2 و 0.4 مول من Br_2 في وعاء حجمه لتر واحد وبحرارة 425 وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 0.25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحل/

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.4\ mol}{1L} = 0.4\ M$$

$H_{2(g)}$	+ $Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$
0.4	0.4	0
-X	-X	+2X
0.4 – X	0.4 – X	2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X][0.4 - X]}$$

$$0.25 = \frac{[2X]^2}{[0.4 - X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$0.5 = \frac{[2X]}{[0.4 - X]}$$

$2X = 0.2 - 0.5X$

$2.5\ X = 0.2$

$$X = \frac{0.2}{2.5} = 0.08\ M$$

لذا التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [Br_2] = 0.40 - 0.08 = 0.32M$

, $[HBr_2] = 2 \times 0.08 = 0.16M$

امثلة اضافية عن النوع الثاني

مثال اضافي3 للتفاعل التالي المتزن

$H_{2(g)} + I_{2(g)} \rightleftharpoons 2HI_{(g)}$

في وعاء حجمه 1 لتر خلط 3atm من غاز H_2 ومثلها من غاز I_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان قيمة ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية= 10^4 جد الضغوط الجزيئية عند الاتزان.

الحل/

$H_{2(g)}$	+ $I_{2(g)}$	$\rightleftharpoons 2HI_{(g)}$
3	3	0
-X	-X	+2X
3 – X	3 – X	2X

$$K_P = \frac{P_{HI}^2}{P_{H2} \times P_{I2}}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)(3-X)}$$

$$10^4 = \frac{(2X)^2}{(3-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$100 = \frac{2X}{3-X}$$

$$2X = 300 - 100X$$

$$102X = 300$$

$$X = \frac{300}{102} = 2.94\ atm$$

لذا الضغوط عند الاتزان

$$P_{H_2} = P_{I_2} = 3 - 2.94 = 0.06atm$$

$$P_{HI} = 2 \times 2.94 = 5.88\ atm$$

مثال اضافي4 للتفاعل التالي الغازي

$A + B \rightleftharpoons 2C$

وضع 3 مول من A و 3 مول من B في وعاء حجمه 1.5 لتر وبحرارة معينة وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 25 احسب التراكيز التي تمثل مزيج الاتزان.

الحل/ واجب

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

الاجوبة [A] =[B] =0.57 [C] =2.86

اسئلة الفصل الخاصة عن النوع الثاني ومثال اضافي

سؤال2-26 وضع 4g من غاز HF في وعاء مغلق حجمه 2L عند درجة حرارة 27c° وترك في الوعاء المغلق يتفكك حتى تم الاتزان الكيميائي

$$2HF_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + F_{2(g)}$$

فاذا Kp للتفاعل 1.21 احسب الضغط الجزئي لغاز HF عند الاتزان علما ان الكتلة المولية 20g/mol

الحل/نستخرج الضغط الابتدائي لغاز HF من قانون الغاز المثالي حيث

$$n = \frac{m}{M} = \frac{4\ g}{20\ g/mol} = 0.2mol$$

$T = t(c) + 273 = 27 + 273 = 300\ K$

$V = 2L$

$R = 0.082\ L.atm/\ mol\ .K$

$PV = nRT$

$$\Rightarrow P = \frac{nRT}{V}$$

$$P = \frac{0.2\ mol\ X\ 0.082L.atm/\ mol.K\ X\ 300K}{2L}$$

$P = 2.46$ atm الضغط الابتدائي لغاز HF

$2HF_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$F_{2(g)}$
2.46		0		0
-2X		+ X		+X
2.46 – 2X		X		X

$$Kp = \frac{P_{H_2}\ X\ P_{F_2}}{P^2_{HF}}$$

$$1.21 = \frac{X^2}{(2.46-2X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$1.1 = \frac{X}{(2.46-2X)}$$

$X = 2.7 – 2.2X$

$3.2X = 2.7$

$$X = \frac{2.7}{3.2} = 0.84\ atm$$

$P\ HF = 2.46 – (2 \times 0.84)$

$= 2.46 – 1.68 = 0.78$ atm الضغط النهائي

كيف عرفنا انه نوع ثاني

1- اعطى الثابت

2-اعطى ضغط ابتدائي بصورة غير مباشرة و عرفنا ذلك من كلمة وضع

3- طلب احد الضغوط النهائية عند الاتزان

مثال اضافي5 وضع 1g من غاز H_2 (2g/mol) و 19g من غاز F_2 (38g/mol) في وعاء مغلق حجمه 1L عند درجة حرارة معينة وحسب التفاعل التالي

$$H_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2HF_{(g)}$$

فاذا Kc للتفاعل = 4 احسب التراكيز النهائية عند الاتزان

الحل/ واجب

وللتأكد من صحة الحل ستكون الاجوبة

الاجوبة $[H_2] = [F_2] = 0.25$ $[HF] = 0.5$

مخطط مهم جدا قبل الدخول الى النوع الثالث والرابع

لنفرض التفاعل التالي

$$A_{(g)} + 3B_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(g)}$$

	$A_{(g)}$	$3B_{(g)}$	$2C_{(g)}$
وضع – سخن – مزج – ادخل ـ قبل التفاعل او التفكك	Y	Y	0
ما تفكك – ما تحلل – ما استهلك – تحلل بمقدار كذا ٪	-X	-3X	قد زاد بمقدار 2X
	Y -X	Y-3X	2X

المتبقي او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقى ← Y -X , Y-3X

المتكون او الناتج ← 2X

اما عبارة جد تراكيز خليط الاتزان او تراكيز الاتزان او التراكيز النهائية فتعني كل التراكيز في الفرضية الثالثة مجهولة.

ملاحظات في غاية الاهمية

1ـ اذا كان السؤال للضغوط نفس المخطط تماما فقط نضع قيم الضغوط بدل قيم التراكيز.

2ـ المخطط كما موضح من 3صفوف الاول يدعي الفرضية الاولى والثاني الفرضية الثانية والثالث الفرضية الثالثة.

3ـ اذا ذكر احسب (تراكيز) (عدد مولات) – ضغوط جزيئية خليط مزيج الاتزان هذا يعني حساب التراكيز النهائية اوالضغوط النهائية عند الاتزان (الفرضية الثالثة).

4ـ اذا ذكر (خلط – وضع – ادخل – سخن – مزج – تراكيز ابتدائية – قبل التفكك ـ)
يعني ان قيم المواد المعطاة في السؤال او احيانا المطلوبة هي قيم التراكيز الابتدائية (الفرضية الاولى).

5ـ اذا ذكر كلمة استهلك بمقدار – تفكك – تحلل – ناتج نسبة مئوية للتحلل) معناه التغير في التراكيز او الضغوط . الفرضية الثانية.

6ـ عند ذكر المتبقي من المتفاعلات او ما تبقى في الاناء او وجد انه ما تبقي في الاناء يعني التراكيز النهائية للمتفاعلات وفي حالة ذكر كملة المتكون او نتج او ما تكون يعني التراكيز النهائية للنواتج (الثالثة).

7ـ عدد المولات الكلية يمثل مجموع عدد المولات عند الاتزان للمواد الناتجة او المتفاعلة.

$$n_T = n_1 + n_2 + n_3 + \dots\dots\dots\dots$$

8ـ الضغط الكلي يمثل مجموع الضغوط الجزئية النهائية عند للاتزان للمواد المتفاعلة والناتجة.

$$P_T = P_1 + P_2 + P_3 + \dots\dots\dots\dots$$

ابحث عن اشارات في كل نوع من انواع الثالث وهذه الاشارات هي من سيحل اي سؤال وهي تدل على الاكثر انه نوع ثالث الاشارات هي 1 ما تفكك او تحلل او استهلك 2 المتبقي او ما تبقى 3 المتكون او الناتج 4 الضغط الكلي او عدد المولات الكلية 5 ثابت الاتزان K_C او K_P 6 النسبة المئوية للمستهلك(اشارة خاصة بالنوع الرابع)
في اسئلة توجد اكثر من اشارة من الاشارات اعلاه حاول ان تعرف ممن تستفيد اولا وكل اشارة لها دور في حل السؤال.
تذكر – هذه الملاحظة (سيدة الملاحظات) لا يتم انزال قانون ثابت الاتزان الا بعد التأكد من ان كل التراكيز النهائية معلومة هذا اذا كان الثابت مجهول اما اذا كان معلوم فلا يتم انزال القانون الا اذا كان تركيز نهائي واحد مجهول.

الامثلة والتمارين الخاصة بالنوع الثالث

مثال (2 -6) في أحدى التجارب العلمية ادخل 0.625mol من غاز N_2O_4 في وعاء سعته 5L فتفكك الغاز حسب التفاعل ادناه وعند الوصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان تركيز N_2O_4 المتبقي= 0.025M أحسب قيمة Kc لهذا التفاعل

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

الحـــــــل/ نحسب أولا التركيز الابتدائي للمتفاعل.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.625\ mol}{5L} = 0.125\ M$$

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
0.125		0
- X		+2X
0.125 – X (0.025)		2X

من معطيات السؤال التركيز النهائي ل $[N_2O_4]$ عند الاتزان = 0.025 وعليــــــــــــه

$$0.125 - X = 0.025 \Longrightarrow X = 0.125 - 0.025 = 0.1\ M$$

$$[NO_2] = 2 \times 0.1 = 0.2M$$

$$K_c = \frac{[NO_2]^2}{[N_2O_4]} \Longrightarrow Kc = \frac{[0.2]^2}{[0.025]} = \frac{[0.04]}{[0.025]} = \frac{40}{25} = 1.6$$

تمرين (2 -5) للتفاعل الاتي $2CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)} + O_{2(g)}$ وضع في وعاء حجمه لتر واحد 0.8 مول من غاز CO_2 وبدرجة حرارة معينة وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان نصف كمية الغاز قد استهلكت أحسب Kc .

الحـــــــل/ نحسب أولا التراكيز الابتدائية للمتفاعلات.

$$M = \frac{n}{V(L)} = \frac{0.8\ mol}{1L} = 0.8\ M$$

$2CO_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2CO_{(g)}$	+	$O_{2(g)}$
0.8		0		0
-2X		+2X		+ X
0.8 – 2X		2X		X

من معطيات السؤال ان نصف كمية غاز CO_2 قد استهلكت وعليه هذا يعني يمكن ايجاد قيمة X كالاتي

$$2X = \frac{1}{2}(0.8) \Longrightarrow 2X = 0.4 \Longrightarrow X = 0.2M$$

وعليه التراكيز عند الاتزان كالاتي

$[CO_2]=0.8 - 2 \times 0.2 = 0.4M$ $[CO] = 2 \times 0.2 = 0.4M$ $[O_2] = 1 \times 0.2 = 0.2M$

$$Kc = \frac{[CO]^2[O_2]}{[CO_2]^2}$$

$$Kc = \frac{[0.4]^2[0.2]}{[0.4]^2} = 0.2$$

مثال (2 -7) للتفاعل الغازي الاتي

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

وفي وعاء مغلق حجمه لتر واحد وجد ان ضغط غاز SO_3 قبل تفككه = 3atm عند حرارة معينة بلغ التفاعل حالة الاتزان فوجد ان الضغط الكلي = 4atm احسب Kp للتفاعل عند الاتزان.

$2SO_{3(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2SO_{2(g)}$	+	$O_{2(g)}$
3		0		0
-2X		+2X		+X
3 - 2X		2X		X

الضغط الكلي ليس له علاقة بعدد المولات

$$P_T = P_{SO3} + P_{SO2} + P_{O2}$$

$$4 = 3 - 2X + 2X + X$$

$$4 = 3 + X \Longrightarrow X = 1atm$$

وعليه الضغوط عند حالة الاتزان

$P_{SO3} = 3-2X = 3-2 = 1atm$ $\quad P_{SO2} = 2X = 2atm$ $\quad P_{O2} = 1X = 1atm$

$$K_p = \frac{P_{SO2}^2 \ X \ P_{O_2}}{P_{SO3}^2} \Longrightarrow K_p = \frac{2^2 \ X \ 1}{1^2} = 4$$

تمرين (2 -6) للتفاعل الاتي $3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$

وضعت مولات مختلفة من H_2 و N_2 في اناء سعته لتر واحد وعند وصول الى حالة الاتزان وجد ان ما استهلك من H_2 يساوي 0.3 وما تبقى من N_2 = 0.2 ما عدد مولات كل من H_2 و N_2 قبل التفاعل علما ان ثابت الاتزان Kc = 200

الحـــل/ بما ان الحجم 1L لذا فالتركيز المولاري = عدد المولات.

$3H_{2(g)}$	$+ N_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NH3_{(g)}$
a	b		0
-3X	-X		+2X
a-3X	b-X		2X

من معطيات السؤال نلاحظ ان مقدار ما استهلك من H_2 = 0.3 وعليه

$$3X = 0.3 \Longrightarrow X = 0.1$$

ما تبقى من N_2 = 0.2 وعليه

$$b-X = 0.2 \Longrightarrow b-0.1 = 0.2 \Longrightarrow b=0.3 \ mol$$

وعليه عدد مولات N_2 في بداية التفاعل = 0.3mol

نستخرج قيمة a من قيمة ثابت الاتزان حيث التراكيز النهائية هي كالاتي

$$[H_2] = a - 0.3 \Longrightarrow [N_2] = 0.2M \Longrightarrow [NH_3] = 2x = 2 \times 0.1 = 0.2M$$

$$Kc = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3[N2]} \Longrightarrow 200 = \frac{[0.2]^2}{[a-0.3]^3[0.2]} \Longrightarrow 200 = \frac{[0.2]}{[a-0.3]^3}$$

$$[a-0.3]^3 = \frac{0.2}{200} \Longrightarrow [a-0.3]^3 = 0.001$$ وبالجذر التكعيبي

$$a - 0.3 = 0.1 \Longrightarrow a = 0.4 \ mol$$ عدد مولات H_2 بداية التفاعل

اسئلة الفصل الخاصة عن النوع الثالث

سؤال2-21 في التفاعل المتزن الغازي

$$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$$

وجد ان ضغط PCl_3 الجزئي في الاناء المغلق ضعف ضغط Cl_2 الجزئي وعند وصول التفاعل الى موضع الاتزان بدرجة حرارة معينة وجد ان ضغط Cl_2 يساوي 1atm فاذا علمت ان $KP = \frac{1}{6}$ فما ضغط غازي Cl_2 و PCl_3 بداية التفاعل؟

الحل/

$$PCl_{3(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons PCl_{5(g)}$$

PCl_3	Cl_2	PCl_5
2Y	Y	0
-X	-X	+X
2Y – X	Y – X (1atm)	X

من معطيات السؤال ضغط Cl_2 = 1atm وعليه

$Y - X = 1 \Longrightarrow X = Y - 1$

وعليه ضغط PCl_3 عند الاتزان =

$P_{PCl_3} = 2Y - X$

$P_{PCl_3} = 2Y - (Y - 1)$

$P_{PCl_3} = 2Y - Y + 1$

$P_{PCl_3} = Y + 1$

وايضا ضغط PCl_5 عند الاتزان = X = Y-1

$$K_p = \frac{P_{PCl_5}}{P_{PCl_3} \times P_{Cl_2}}$$

$$\frac{1}{6} = \frac{Y-1}{(Y+1) \times 1}$$

$6Y - 6 = Y + 1$

$5Y = 7$

$Y = \frac{7}{5} = 1.4$ atm = ضغط Cl_2 عند الاتزان

وعليه ضغط PCl_3 في بداية التفاعل

$= 2 \times 1.4 = 2.8$ atm

لماذا استخدمنا X بدلالة Y وليس العكس؟

نصيحة/ حينما يكون هناك مجهولين في الفرضية وتريد استخراج احدهما بدلالة الاخر تذكر يفضل الاستخراج بدلالة من يكون بمفرده بالمعادلة 0الفرضية)

سؤال2-24 في التفاعل المتزن

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

وفي أناء حجمه لتر واحد تم خلط مولات متساوية من CO_2 و H_2 وبحرارة 2000K وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان عدد المولات الكلية لخليط الغازات عند الاتزان = 3mole ما تراكيز خليط الاتزان علما ان ثابت الاتزان Kc يساوي4؟

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$$CO_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)} + H_2O_{(g)}$$

CO_2	H_2	CO	H_2O
Y	Y	0	0
-X	-X	+X	+X
Y – X	Y – X	X	X

بما ان اعطى nT فيمكن القول

$n_T = n_{CO_2} + n_{H_2} + n_{CO} + n_{H_2O}$

$3 = (Y - X) + (Y - X) + X + X$

$3 = 2Y$

$Y = \frac{3}{2} = 1.5$ mol = 1.5M

$$K_c = \frac{[CO][H_2O]}{[CO_2][H_2]}$$

$$4 = \frac{X^2}{(1.5-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$2 = \frac{X}{(1.5-X)}$$

$X = 3 - 2X$

$\Longrightarrow 3X = 3$

$X = 1M$

وعليه التراكيز عند الاتزان

$[H_2] = [CO_2] = Y - X = 1.5 - 1 = 0.5M$

$[CO] = [H_2O] = X = 1$ M

ملاحظه تخص السؤال اعلاه

1- تذكر لا يمكن انزال قانون الثابت اذا كان هناك مجهولين.

2- حينما يعطي مولات كلية على الاغلب يكون الحجم لتر واحد.

النوع الرابع: - يعطي قيمة التراكيز الابتدائية ويعطي قيمة للمتحلل او المتفكك بالنسبة المئوية (التغير في التركيز) ويطلب ثابت الاتزان؟ حيث نستخدم هذا القانون

$$\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y = \frac{\text{المتحلل من } Y}{\text{التركيز الابتدائي } Y} \times 100\%$$

$$\text{المتحلل من } Y = \frac{\text{النسبة المئوية للمتفكك من } Y \; x \; \text{التركيز الابتدائي } Y}{100\%}$$

سؤال(2-18) للتفاعل المتزن

$$A_{2(g)} \rightleftharpoons 2A_{(g)}$$

وجد انه عند وضع مول من A_2 في اناء تفاعل حجمه لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتحلل 1% من A_2 ما قيمة Kc للتفاعل

وما تركيز A الذي يكون في حالة اتزان مع 0.01M من A_2 عند نفس الظروف؟

الحـــــل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$A_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2A_{(g)}$
1		0
- X ⟸ هذا هو المتحلل		+2X
1- X		2X

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } A_2 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\%1 = \frac{\text{المتحلل من } A_2}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{1M \times 1\%}{100\%} = 0.01M$$

وعليه التراكيز النهائية

$[A_2] = 1- X = 1.00 – 0.01= 0.99M$

$[A] = 2X = 2 × 0.01 = 0.02M$

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]} \Longrightarrow K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.99]} = 4 \times 10^{-4}$$

لايجاد تركيز A نستخدم قيمة Kc

من يريد تراكيز جديدة لمتفاعل او ناتج ويعطي تراكيز جديدة كافة التراكيز السابقة في السؤال تهمل ونستفاد فقط من قيمة الثابت

$$K_c = \frac{[A]^2}{[A_2]}$$

$$4 \times 10^{-4} = \frac{[A]^2}{[0.01]}$$

$[A]^2 = 4 \times 10^{-4} \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-6}$ نجذر الطرفين

$[A] = 2 \times 10^{-3}M$

سؤال2 -27 اذا كانت درجة تفكك مول واحد من N_2O_4 الى NO_2 هي 20% عند درجة حرارة 27 وضغط 1atm وفي اناء حجمه 1L احسب قيمة Kp للتفاعل.

الحـــــل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$N_2O_{4(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{2(g)}$
1		0
- X ⟸ هذا هو المتحلل		+2X
1- X		2X

$$\text{النسبة المئوية للمتحلل من } N_2O_4 = \frac{\text{المتحلل من } N2O4}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$$

$$\%20 = \frac{\text{المتحلل من } N2O4}{1M} \times 100\%$$

$$X = \frac{20M \times 1\%}{100\%} = 0.2M$$

وعليه التراكيز النهائية

$[N_2O_4]= 1- X = 1.0 – 0.2= 0.8M$

$[A] = 2X = 2 × 0.2 = 0.4M$

$$K_c = \frac{[NO2]^2}{[N2O4]} \Longrightarrow K_c = \frac{[0.4]^2}{[0.8]} = \frac{[0.16]}{[0.80]} = 0.2$$

لايجاد Kp نستخدم العلاقة التالية

$$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$TK= (t_C° + 273)$$

$$TK= (27 + 273) = 300 \text{ K}$$

$$\Delta ng = 2- 1 = 1$$

$$K_p = 0.2 (0.082 \times 300)^1$$

$$K_p = 0.2 \times 24.6 = 4.92$$

اثرائيات وواجبات الخاصة عن النوع الثالث والرابع

مثال اضافي6 في التفاعل المتزن الغازي

$$2A + B \rightleftharpoons 2C$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع مول واحد A وكمية معينة من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من C 0.2 مول وتراكيز A و B متساوية جد

1. تركيز B الابتدائي 2. Kc

الحل/ 1)

لان الحجم 1 لتر $M = n$

2A	+ B	⇌ 2C
1	Y	0
- 2X	- X	+ 2X
1 - 2X	Y - X	2X
		0.2

من معطيات السؤال المتكون من C= 0.2 وعليه

$2X = 0.2$ $X = \frac{0.2}{2} = 0.1$

وعليه تركيز A عند الاتزان =

$[A] = 1-2X = 1-2(0.1) = 1-0.2 = 0.8M$

وعليه تركيز B عند الاتزان =

$[B] = Y-X = Y - 0.1$

بما ان تراكيز A و B متساوية اي

$0.8 = Y - 0.1$

$Y = 0.8 + 0.1 = 0.9$ تركيز B الابتدائي

2) لايجاد قيمة Kc يجب معرفة التراكيز عند الاتزان وهي

$[A] = 0.8M$

$[B] = Y - X = 0.9 - 0.1 = 0.8M$

$[C] = 0.2M$ معطى

$$K_c = \frac{[C]^2}{[A]^2[B]}$$

$$K_c = \frac{[0.2]^2}{[0.8]^2[0.8]}$$

$$Kc = \frac{0.2 \times 0.2}{0.8 \times 0.8 \times 0.8} = \frac{2 \times 2}{8 \times 8 \times 0.8}$$

$$= \frac{4}{51.2} = \frac{1}{12.8} = 0.078$$

مثال اضافي7 في التفاعل المتزن الغازي

$$A + B \rightleftharpoons C$$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع كمية معينة من A وثلاث امثالها من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتبقي من A=1mol وان $Kc = \frac{1}{4}$ جد عدد مولات A و B بداية التفاعل.

الحل/

لان الحجم 1 لتر $M = n$

A	+ B	⇌ C
Y	3Y	0
- X	- X	+ X
Y - X	3Y - X	X
1		

من معطيات السؤال المتبقي من A= 1 وعليه

$Y - X = 1 \Longrightarrow X = Y - 1$

وعليه

$[B] = 3Y - X = 3Y - (Y - 1)$

$[B] = 3Y - Y + 1 = 2Y + 1$

$[C] = X = Y - 1$

$[A] = 1$ معطى

$$K_c = \frac{[C]}{[A][B]}$$

$$\frac{1}{4} = \frac{[Y-1]}{[1][2Y+1]}$$

$$4Y - 4 = 2Y + 1$$

$$4Y - 2Y = 1 + 4$$

$$2Y = 5$$

$$Y = \frac{5}{2} = 2.5$$

وعليه عدد مولات الابتدائية لكل من A و B الابتدائية

$[A] = Y = 2.5mol$

$[B] = 3Y = 3 \times 2.5mol = 7.5mol$

مثال اضافي8 في التفاعل المتزن الغازي

$2CO_2 \rightleftharpoons 2CO + O_2$

وفي اناء حجمه 1لتر وضع 4atm من CO_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الجزئي ل CO_2 هو 2atm

جد 1) K_P 2) الضغط الكلي

$2CO_2$	$\rightleftharpoons$	$2CO$	+	O_2
4		0		0
-2X		+2X		+X
4-2X		2X		X
2				

بما ان الضغط الجزئي ل CO_2 عند الاتزان = 2atm وعليه

$4 - 2X = 2 \Longrightarrow 4-2 = 2X$

$2 = 2X \Longrightarrow X = 1atm$

وعليه باقي الضغوط عند الاتزان

$P_{CO_2} = 2X = 2 \times 1 = 2atm$

$P_{O_2} = X = 1atm$

$$K_P = \frac{P^2_{CO} \times P_{O_2}}{P^2_{CO_2}}$$

$$K_P = \frac{2^2 \times 1}{2^2} = \frac{4}{4} = 1$$

2) ايجاد الضغط الكلي

$P_T = P_{CO_2} + P_{CO} + P_{O_2}$

$P_T = 2 + 2 + 1 = 5atm$

مثال اضافي9 في التفاعل المتزن الغازي

$2HBr \rightleftharpoons H_2 + Br_2$

وفي اناء حجمه 1لتر وضعت كمية من HBr وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات كل من H_2 = 0.4mol والمتبقي من HBr = 0.2mol ما عدد مولات HBr بداية التفاعل ثم جد قيمة Kc

الحل/

لان الحجم 1 لتر M = n

$2HBr$	$\rightleftharpoons$	H_2	+	Br_2
Y		0		0
-2X		+X		+X
Y-2X		X		X
0.2		0.4		

من معطيات السؤال المتكون من H_2 = 0.4 وعليه

X = 0.4 mol

وعليه

Y – 2X = 0.2

Y – 2(0.4) = 0.2

Y – 0.8 = 0.2

Y = 0.2 + 0.8 = 1mol = عدد مولات HBr بداية التفاعل

$$2)\quad Kc = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{0.4 \times 0.4}{0.2 \times 0.2} = 4$$

واجبات عن النوع الثالث تحل في دفتر الواجبات.

مثال اضافي10 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $2SO_3 \rightleftharpoons 2SO_2 + O_2$ وضع 6mol من SO_2 و 4mol من O_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تركيز SO_3 ضعف O_2 جد Kc علما ان حجم الاناء 2 لتر

الجواب= 4

مثال اضافي11 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $2C \rightleftharpoons A + 2B$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 3mol من A و 2mol من B وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتكون من C = 1mol جد Kc

الجواب= 0.4

مثال اضافي12 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $COCl_2 \rightleftharpoons CO + Cl_2$ وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 0.4atm من CO و 0.6atm من Cl_2 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي = 0.8atm جد K_P للتفاعل.

الجواب= 2.5

مثال اضافي13 للتفاعل المتزن الغازي الاتي $2SO_2 + O_2 \rightleftharpoons 2SO_3$ وفي اناء حجمه 4 لتر وضع 4mol من SO_3 و عند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الوعاء يحتوي 2.4mol من غاز SO_2 احسب KC

الجواب= 0.675

مثال اضافي14 للتفاعل المتزن

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3\,(g)}$$

وجد انه عند وضع 4 مول من O_2 في اناء تفاعل حجمه 2لتر عند ظروف قياسية يصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد انه يتفكك 40% من O_2 ما قيمة Kc للتفاعل وما تركيز O_3 الذي يكون في حالة اتزان مع 0.1M من O_2 عند نفس الظروف؟

الحل/

$$M = \frac{4}{2} = 2M$$

$3O_{2(g)}$		$2O_{3\,(g)}$
2		0
- 3X	⟸ هذا هو المتحلل	+2X
2- 3X		2X

النسبة المئوية للمتحلل من O_2 = $\frac{O_2 \text{ المتحلل من}}{\text{التركيز الابتدائي}} \times 100\%$

$$30\% = \frac{O_2 \text{ المتحلل من}}{2M} \times 100\%$$

$$3X = \frac{2M \times 30\%}{100\%} = 0.6M$$

$$X = \frac{0.6}{3} = 0.2M$$

وعليه التراكيز النهائية

$[O_2] = 2- 3X = 2 – 3(0.2)= 2- 0.6 =1.4M$

$[O_3] = 2X = 2 \times 0.3 = 0.6M$

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$$K_c = \frac{0.6 \times 0.6}{1.4 \times 1.4 \times 1.4}$$

$$K_c = \frac{\overset{3}{6} \times \overset{3}{6}}{\underset{7}{14} \times \underset{7}{14} \times 1.4} = \frac{9}{68.6} = 0.13$$

لايجاد تركيز O_3 نستخدم قيمة Kc

$$K_c = \frac{[O_3]^2}{[O_2]^3}$$

$[O_3]^2 = Kc \times (O_2)^3$

$[O_3]^2 = 0.13 \times (2)^3$

$[O_3]^2 = 0.13 \times 8 = 1.04$

$[O_3] = 1.02$

مثال اضافي15 للتفاعل المتزن

$$N_{2(g)} + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_{3\,(g)}$$

في اناء تفاعل حجمه 2لتر وضع 6mol من H_2 و 4mol من N_2 عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد انه يتفكك 60% من H_2

1. احسب Kc للتفاعل .
2. النسبة المئوية للمتحلل من N_2
3. ما تركيز NH_3 الذي يكون في حالة اتزان مع 1M من H_2 و0.6M من N_2 عند نفس الظروف؟

واجب/ الاجوبة تكون

1- ج/ 0.6   2- ج/30%   3- ج/ 0.6 M

العلاقة بين ثابت الاتزان Kc و Kp

هناك علاقتين تربط بين ثابت الاتزان Kp و Kc وهما

$$K_P = K_c (RT)^{\Delta ng}$$

$$K_c = K_P (RT)^{-\Delta ng}$$

حيث R هي قيمة ثابت الغازات وهي = $\frac{0.082\ L.atm}{mol.K}$

T هي درجة حرارة الكلفن وهي = $TK = (t\ °C + 273)$

اما الرمز Δng فيستخرج من العلاقة التالية

$$\Delta ng = \sum n_g (P) - \sum n_g (R)$$

اذا كان عدد المولات في جهة النواتج = عدد المولات في جهة المتفاعلات فهذا يعني ان قيمة Δng = 0 وهذا يعني ان Kc= Kp

$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$ $K_p = K_c (RT)^0$

$K_p = Kc$

مثال (2-8) في تفاعل ما Δng= -1 و Kc=4.1 بدرجة حرارة 227°C فما قيمة Kp لهذا التفاعل

الحل/

$TK= (t_C^o + 273)$

$TK= (227 + 273) = 500\ K$

$K_p = K_c (RT)^{\Delta ng}$

$K_P= 4.1 (0.082 \times 500)^{-1}$

$K_p = \frac{4.1}{41} = 0.1$

مثال (2-9) افترض حصول التفاعل الغازي الاتي عند حرارة 300K

$$NH_4HS_{(s)} \rightleftharpoons NH_{3(g)} + H_2S_{(g)}$$

وجد ان قيم الضغوط الجزيئية لكل من غازي النواتج عند حصول الاتزان = 0.3atm. احسب Kp وKc للتفاعل.

الحل

$K_P = P_{NH_3} \times P_{H_2S}$

$K_P = 0.3 \times 0.3 = 0.09$

لاحظ عدم وجود مقام في القانون لان المتفاعلات ليست بالحالة الغازية

$\Delta ng = 2- 0 = 2$

$K_c= K_p (RT)^{-\Delta ng} =0.09 (0.082 \times 300)^{-2}$

$K_c = \frac{0.09}{(24.6)2} = \frac{0.09}{605.16} = 1.5 \times 10^{-4}$

تمرين (2-7) احسب قيمة Kc للتفاعل المتزن التالي عند 500C° اذا علمت ان قيمة Kp للتفاعل تساوي 1.5×10^{-5} عند درجة الحرارة نفسها؟(واجب)الناتج0.06

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

تمرين (2-8) اذا كانت Kc تساوي 1.6 عند 1000C

$$C_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{(g)}$$

احسب ضغط CO الجزئي عندما يكون الضغط الجزئي لغاز CO2 = 0.6atm

الحل / نجد اولا قيمة Kp

$TK= (t_C^o + 273)$

$TK= (1000 + 273) = 1273\ K$

$\Delta ng = 2- 1 = 1$

$K_P=K_c(RT)^{\Delta ng}$

$K_P=1.6(0.082 \times 1273)^1=167$

$K_p = \frac{P^2_{CO}}{P_{CO2}} \Longrightarrow 167 = \frac{P^2_{CO}}{0.6}$

$P^2_{Co} = 100 \Longrightarrow P_{Co} = 10\ atm$

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين K_c و K_p

سؤال (11-2) عند تسخين غاز NOCl الى حرارة 240c° في اناء مغلق حجمه لتر واحد حسب المعادلة

$$2NOCl_{(g)} \rightleftharpoons 2NO_{(g)} + Cl_{2(g)}$$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الاتزان = 1atm والضغط الجزئي لغاز NOCl يساوي 0.64atm احسب

1- الضغوط الجزئية لكل من غازي NO و Cl_2 عند الاتزان.

2- ثابت الاتزان Kc عند نفس درجة الحرارة؟

الحل

$2NOCl_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2NO_{(g)}$	$+ Cl_{2(g)}$
Y		0	0
-2X		+2X	+X
Y – 2X (0.64 atm)		2X	X

$$P_T = P_{NOCl} + P_{NO} + P_{Cl2}$$

$$1 = 0.64 + 2X + X$$

$$1.00 - 0.64 = 3X$$

$$0.36 = 3X$$

$$X = 0.12 \text{ atm}$$

وعليه الضغوط الجزئية عند الاتزان

$P_{NOCl} = 0.64$ atm معطى بالسؤال

$P_{NO} = 2X = 2 \times 0.12 = 0.24$ atm

$P_{Cl2} = X = 0.12$ atm

2) ايجاد قيمة Kc

$$K_p = \frac{P_{NO}^2 \times P_{Cl2}}{P_{NOCl}^2}$$

$$K_p = \frac{(0.24)^2 \times 0.12}{(0.64)^2} = 0.017$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$$

$$T(K) = 240 + 273 = 513 K°$$

$$K_c = 0.017 \times (0.082 \times 513)^{-1}$$

$$K_c = \frac{0.017}{42.066} = 4 \times 10^{-4}$$

سؤال (12-2) التفاعل التالي يجري بدون عامل مساعد

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

عند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان الضغوط الجزئية = 1.56atm لغاز NO_2 و0.377atm لغاز N_2O_4 عند حرارة 100C°

1- احسب قيمة KP و Kc

2- ماذا يحدث للضغوط الجزئية للغازات في خليط الاتزان بعد اضافة العامل المساعد.

الحل/

$$K_p = \frac{P_{NO2}^2}{P_{N2O4}}$$

$$K_p = \frac{(1.56)^2}{0.377} = 6.455$$

$$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta n_g = 2 - 1 = 1$$

$$TK = (t_C^{\circ} + 273)$$

$$T(K) = 100 + 273 = 373 K°$$

$$Kc = 6.455 \times (0.082 \times 373)^{-1}$$

$$K_c = \frac{6.455}{30.586}$$

$$K_c = 0.21$$

2) عند اضافة العامل المساعد فان الضغوط الجزيئية لا تتأثر لان العامل المساعد يزيد من زمن وصول التفاعل الى حالة الاتزان



سؤال 2-19 / للتفاعل المتزن الاتي

$$3A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$$

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة $Kc = 147.6$ وبدلالة $Kp = 6$ بحرارة $27C°$ جد قيمة a في المعادلة؟

الحل/

$T(K) = 27 + 273 = 300\ K°$

$\Delta ng = a - 3$

$Kc = Kp\ (RT)^{-\Delta ng}$

$147.6 = 6\ (0.082 \times 300)^{-(a-3)}$

نقسم الطرفين على 6

$(24.6)1 = (24.6)^{-a+3}$ اذا تساوت الاساسات تساوت الاسس

$1 = -a + 3$

$a = 3 - 1 = 2$

نصيحة/ في اي سؤال فيه قيمة الثابتان معلومة KP و KC يفضل استخدام علاقة من قيمته اكبر لسهولة الحل

سؤال 2-25 للتفاعل غير المتجانس

$$CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$$

بحرارة $800C°$ وجد ان ضغط CO_2 عند الاتزان $= 0.235atm$ احسب Kc عند الحرارة نفسها؟

الحل/

$K_p = \frac{1}{P_{CO2}}$

$K_p = \frac{1}{0.235} = 4.255$

$K_c = K_p\ (RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta n_g = 0 - 1 = -1$

$TK = (t_C^{\circ} + 273)$

$T(K) = 800 + 273 = 1073\ K°$

$K_c = 4.255 \times (0.082 \times 1073)^{-(-1)}$

$K_c = 4.255 \times (0.082 \times 1073)^{1}$

$K_c = 4.255 \times (87.986)^{1}$

$K_c = 374.4$

سؤال 2-20 في التفاعل المتزن

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO2_{(g)}$$

بدرجة حرارة $727C°$ وصل التفاعل الى حالة الاتزان فوجد ان ضغط غاز CO يساوي 304 Torr والضغط الكلي = 1atm ما ثابت الاتزان Kc للتفاعل.

الحل/

$P_{Co} = \frac{304\ torr}{760\ torr/atm} = 0.4\ atm$

$$NiO_{(s)} + CO_{(g)} \rightleftharpoons Ni_{(s)} + CO_{2(g)}$$

0.4   X

الحل/

$P_T = P_{CO} + P_{CO2}$

$1 = 0.4 + X$

$1.00 - 0.4 = X$

$X = 0.6atm$ ضغط غاز CO_2

$K_P = \frac{P_{CO2}^2}{P_{CO}}$

$K_P = \frac{0.6}{0.4} = 1.5$

$\Delta n_g = 1 - 1 = 0$

بما ان قيمة Δn_g = صفر فعليه

$Kc = K_P = 1.5$

ملاحظات حول السؤال

1. حولنا من وحدة الTorr الى atm لان الضغط الكلي بوحدة atm.
2. للتحويل من وحدة الTorr الى atm نقسم على 760
3. Ni و NiO لن تذكر في القوانين لانهما مواد صلبة.
4. يمكن حل السؤال بدون فرضية لانه مجهول واحد فقط في التراكيز النهائية.

الاثرائيات الخاصة بالعلاقة بين K_c و K_p

مثال اضافي16 في التفاعل الاتي

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

في اناء حجمه 1L وضع 4atm من SO_3 وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان الضغط الكلي لمزيج الغازات =5atm

احسب Kc عند درجة الحرارة 227C°

الحل

$2SO_{3(g)}$	⇌	$2SO_{2(g)}$	$+ O_{2(g)}$
4		0	0
-2X		+2X	+X
4 – 2X		2X	X

$P_T = P_{SO3} + P_{SO2} + P_{O2}$

$5 = 4 - 2X + 2X + X$

$5 = 4 + X$

$5 - 4 = X$

$X = 1$ atm

وعليه الضغوط الجزيئية عند الاتزان

$P_{SO_3} = 4-2 = 2atm$

$P_{SO_2} = 2X = 2 \times 1 = 2$ atm

$P_{O2} = X = 1$ atm

$$K_p = \frac{P^2_{SO_2} \times PO_2}{P^2_{SO_3}}$$

$$K_p = \frac{(2)^2 \times 1}{(2)^2} = 1$$

$K_c = K_p (RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta n_g = 3 - 2 = 1$

$T(K) = t_{(c^o)} + 273$

$T(K) = 227 + 273 = 500 K°$

$K_c = 1 \times (0.082 \times 500)^{-1}$

$$K_c = \frac{1}{41} = 0.014$$



مثال اضافي17 للتفاعل المتزن الاتي

$$2A_{(g)} \rightleftharpoons aB_{(g)}$$

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة Kc بمقدار 82 من Kp بحرارة 727C° جد قيمة a في المعادلة؟

الحل/

$T(K) = 727 + 273 = 1000 K°$

$\Delta ng = a - 2$

$Kc = 82K_P$

$Kc = Kp (RT)^{-\Delta ng}$

$82K_P = K_P (0.082x1000)^{-(a-2)}$

$82 = (82)^{-a+2}$

اذا تساوت الاساسات تساوت الاسس

$1 = -a + 2$

$a = 2-1 = 1$

مثال اضافي18 للتفاعل المتزن الاتي

$$3A_{(g)} \rightleftharpoons 2B_{(g)}$$

وجد ان ثابت الاتزان بدلالة Kc =820 وبدلالة $K_P = 10$ جد درجة الحرارة بوحدة السيليزي

الحل/ واجب/ الجواب 727C°

مثال اضافي 19 للتفاعل المتزن

$$2O_{3(g)} \rightleftharpoons 3O_{2\,(g)}$$

وضع 5 مول من O_3 في اناء تفاعل حجمه 1250ml وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان O_2 زاد بمقدار 0.6M

جد 1) تركيز O_3 عند الاتزان.

2) K_P عند حرارة 2000 K

واجب/ الاجوبة تكون

1– ج/ $[O_3]= 3.6M$ 2–ج/ $K_P = 2.624$

مثال اضافي 20 للتفاعل المتزن

$$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$$

وضع 0.4 atm من CO وكمية معينة من O_2 وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان وجد ان المستهلك من CO = 0.2atm والمتبقي من O_2= 0.4 atm

جد 1) ضغط O_2 الابتدائي 2) K_P

3) K_c عند حرارة 1000 K

واجب/ الاجوبة تكون

1– ج/ $[O_2]= 0.5atm$ 2. ج/ $K_P = 2.5$ 3–ج/ $K_P = 205$

2 - 8 أهمية ثابت الاتزان

لمعرفة قيمة ثابت الاتزان أهمية كبيرة حيث يمكن لقيمته العددية

أ- تحديد اتجاه التفاعل ب- بيان العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

أ- تحديد اتجاه التفاعل من معرفة قيمة ثابت الاتزان.

يمكن تحديد اتجاه التفاعل من خلال قيمة ثابت الاتزان وذلك وفق ما يلي

1- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة كبير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الأمامي ينزاح نحو اليمين.

2- اذا كانت قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا يدل على ان تركيز المواد الناتجة صغير جدا ويعني ذلك التفاعل يسير في اتجاه واحد هو الخلفي ينزاح نحو اليسار.

3- اذا كانت القيمة = الواحد الصحيح او قيمة مقاربة له يعني ان قيمة المواد الناتجة والمتفاعلة متساوية.

تمرين (2-9) من قيم ثوابت الاتزان Kc لكل من التفاعلات التالية تنبأ بحالة الاتزان لها

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)} \qquad Kc = 1.1 \times 10^{-81}$$

$$2CO_{(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2COCl_{(g)} \qquad Kc = 0.99$$

$$H_{2(g)} + Cl_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl_{(g)} \qquad Kc = 4.4 \times 10^{32}$$

الحل/

1- التفاعل الاول قيمة ثابت الاتزان صغيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة ضئيلة جدا لدرجة انه يمكن اعتبار ان مثل هذا النوع من التفاعل يكاد لا يحدث من الناحية العلمية (عبارة ثابته للقيم الصغيرة)

2- التفاعل الثاني ثابت الاتزان مقاربة للواحد اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة مقاربة جدا لكمية المواد المتفاعلة. (عبارة ثابته للقيم القريبة من الواحد)

3- التفاعل الثالث قيمة ثابت الاتزان كبيرة جدا اي عند حالة الاتزان فان كمية المواد الناتجة قد وصلت الى درجة قريبة من الاكتمال لذا نستطيع القول ان هذا التفاعل أقترب من الكمال. (عبارة ثابته للقيم الكبيرة)

راجع ايضا مثال (2-10)

تذكر

قيمة الثابت كبيرة من 10^n فما فوق الاتجاه نحو النواتج

قيمة الثابت صغيرة 10^{-n} فما تحت نحو الاتجاه نحو المتفاعلات

قريبة من الواحد كمية المتفاعلة = كمية الناتجة

ب – العلاقة بين ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة.

من المهم ملاحظة كافة الحالات ان علاقة ثابت الاتزان في التفاعل تتبع الصيغة التي تكتب بها المعادلة الكيميائية الموزونة وسندرج هنا 3 قواعد وهي

القاعدة الأولى:– اذا تم عكس اتجاه التفاعل ما فان قيمة ثابت الاتزان الجديد = مقلوب ثابت الاتزان الاول

$$K_{c2} = \frac{1}{Kc1}$$

القاعدة الثانية اذا تم ضرب معادلة ما في معامل معين فان ثابت الاتزان الجديد يساوي قيمة ثابت الاتزان الاول مرفوعا الى أس يساوي ذلك المعامل. مثلا

اذا ضربت المعادلة في المعامل 2 فانه $Kc_2 = (Kc_1)^2$

اما اذا ضربت المعادلة في المعامل $\frac{1}{2}$ فانه $Kc_2 = \sqrt{Kc1}$

اذا تم قلب معادلة وأيضا ضربت في 2 فانه $Kc_2 = \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2$

اذا تم قلب معادلة وأيضا ضربت في المعامل $\frac{1}{2}$ فانه $Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}}$



مثال عام لتوضيح الحالات أعلاه

في التفاعل العام الاتي $X_2 + Y_2 \rightleftharpoons 2XY$

وكانت قيمة ثابت الاتزان بدلالة التراكيز المولارية له = 4 جد قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات التالية

1- $2X_2 + 2Y_2 \rightleftharpoons 4XY$

2- $\frac{1}{2}X_2 + \frac{1}{2}Y_2 \rightleftharpoons XY$

3- $2XY \rightleftharpoons X_2 + Y_2$

4- $4XY \rightleftharpoons 2X_2 + 2Y_2$

5- $XY \rightleftharpoons \frac{1}{2}X_2 + \frac{1}{2}Y_2$

الحـــــل/ بالنسبة للتفاعل الاول نلاحظ انه ضرب بالمعامل 2 وعليه

$$Kc_2 = (Kc_1)^2 = (4)^2 = 16$$

بالنسبة للتفاعل الثاني نلاحظ انه ضرب بالمعامل $\frac{1}{2}$ وعليه

$$Kc_2 = \sqrt{(Kc1)} = \sqrt{4} = 2$$

بالنسبة للتفاعل الثالث نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{4} = 0.25$$

بالنسبة للتفاعل الرابع نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل2

$$Kc_2 = \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2 = \left(\frac{1}{4}\right)^2 = \frac{1}{16} = 0.0625$$

بالنسبة للتفاعل الخامس نلاحظ انه معكوس التفاعل الأصلي وضرب بالمعامل 2/1

$$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} = 0.5$$

مثال (2-11) اذا كان ثابت الاتزان للتفاعل التالي = 0.36

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

فما ثابت الاتزان للتفاعلات التالية

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

$$\frac{1}{2}N_2O_4 \rightleftharpoons NO_2$$

الحــــل/

نلاحظ ان المعادلة الأولى هي عكس المعادلة الأصلية وعليه سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الاتية

$$K_{eq2} = \frac{1}{Keq1} = \frac{1}{0.36} = 2.8$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي نفس المعادلة الأولى لكنها مضروبة بالعدد 1/2 وعليه سيكون ثابت الاتزان

$$Keq_2 = \sqrt{(Keq1)} = \sqrt{0.36} = 0.6$$

تمرين (2-10) للتفاعل التالي

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

ثابت الاتزان KP له = 0.39 بدرجة حرارة 227C°

فما قيمة KC للتفاعل التالي

$$N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$$

الحــــل/

$$\Delta ng = 1 - 2 = -1$$

$$T = 227 + 273 = 500K$$

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} = 0.39(0.082 \times 500)^{-(-1)}$$

$$K_c = 0.39(41)^1 = 16$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي عكس المعادلة الأصلية وعليه سيكون ثابت الاتزان له بالصورة الاتية

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{16} = 0.0625$$

تمرين (2-11) للتفاعل التالي

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

بدرجة حرارة معينة وجد ان خليط الاتزان يحتوي 0.02M من NH_3 و 0.1M من N_2 و H_2

ما ثابت الاتزان للتفاعل التالي

$$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$$

الحــــل/

نستخرج Kc للتفاعل الأصلي

$$K_c = \frac{[NH_3]^2}{[H_2]^3[N_2]}$$

$$K_c = \frac{[0.02]^2}{[0.1]^3[0.1]} = \frac{0.0004}{0.0001} = 4$$

نلاحظ ان المعادلة الثانية هي معكوس المعادلة الأولى وايضا مضروبة في العدد $\frac{1}{2}$ وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة التالية

$$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{4}} = 0.5$$

سؤال (2-14) من اسئلة الفصل

يتزن التفاعل التالي

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

بدرجة حرارة 377C° وقيمة ثابت الاتزان = 1.96

احسب قيم ثابت الاتزان للتفاعلات التالية.

$$2NH_{3(g)} \rightleftharpoons N_{2(g)} + 3H_{2(g)}$$

الجواب / نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الاصلية وعليه

$$Kc_2 = \frac{1}{1.96} = 0.51$$

$$\frac{3}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}N_{2(g)} \rightleftharpoons NH_{3(g)}$$

نلاحظ ان المعادلة قد ضربت بالمعامل $\frac{1}{2}$

$$Kc_2 = \sqrt{(Kc1)} = \sqrt{1.96} = 1.4$$

$$NH_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}N_{2(g)} + \frac{3}{2}H_{2(g)}$$

نلاحظ ان المعادلة هي معكوس المعادلة الأولى وايضا مضروبة في العدد $\frac{1}{2}$ وعليه سيكون ثابت الاتزان لها بالصورة التالية

$$Kc_2 = \sqrt{\frac{1}{Kc1}} \quad \sqrt{\frac{1}{1.96}} = 0.714$$

تمرين (2-12) وضع مول واحد من بروميد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه لتر واحد وبحرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز البروم 0.2mol حسب التفاعل التالي؟

$$2HBr_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Br_{2(g)}$$

فما عدد مولات غاز HBr في خليط الاتزان لأناء اخر حجمه 1L الناتج من خلط غازي البروم والهيدروجين بكميات 2mol لكل منهما

الحل/

لان الحجم = لتر واحد $[M] = mol$

$2HBr_{(g)}$	$\rightleftharpoons$	$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$
1		0		0
– 2X		+X		+X
1- 2X		X		X

المتكون من من غاز البروم = 0.2 اي ان 0.2 = X وعليه التراكيز عند الاتزان.

$[H_2] = [Br_2] = 0.2M$

$[HBr] = 1- (2 \times 0.2) = 0.6\ M$

$$K_c = \frac{[H_2][Br_2]}{[HBr]^2} = \frac{[0.2][0.2]}{[0.6]^2} = \frac{1}{9}$$

معادلة تكون غاز HBr هي $H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr_{(g)}$

حيث نلاحظ ان المعادلة 2 هي معكوس المعادلة الأولى.

$$Kc_2 = \frac{1}{Kc1} = \frac{1}{\frac{1}{9}} = 9$$

$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	$2HBr_{(g)}$
2		2		0
-X		-X		+2X
2-X		2-X		2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2][Br_2]} \Longrightarrow 9 = \frac{[2X]^2}{[2-X]^2}$$ = نجذر الطرفين

$$3 = \frac{[2X]}{[2-X]} \Longrightarrow 2X = 6 - 3X \Longrightarrow X = \frac{6}{5} = 1.2M$$

$[HBr] = 1.2 \times 2 = 2.4\ mol$

(فكرة عن حل السؤال)

1 نستخرج Kc للتفاعل الاول من المعلومات المتوفرة

2 نعمل مقارنة بين التفاعل الاول والثاني ونستخرج Kc للتفاعل الثاني

3 نستخرج تركيز HBr للتفاعل الثاني بعد عمل معادلة جديدة بالاستفادة من قيمة Kc

الاثرائيات الخاصة بموضوع اهمية ثابت الاتزان

مثال اضافي21 في اناء حجمه 1L وضع 4mol من A_2 و مثلها من B_2 للتفاعل الاتي

$$A_{2(g)} + B_{2(g)} \rightleftharpoons 2AB$$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المستهلك من A_2 =1M ماهي تراكيز خليط الاتزان لأناء اخر حجمه 3L وضع فيه 6mol من AB.

الحل/ نجد Kc لتفاعل الاناء الاول.

$$M = \frac{n}{V_{(L)}} = \frac{4}{2} = 2M$$

$A_{2(g)}$ +	$B_{2(g)}$ ⇌	2AB
2	2	0
-X	-X	+2X
2-X	2-X	2X

بما ان المستهلك من A=1M وعليه يمكن القول.

X = 1M

وعليه التراكيز عند الاتزان.

[A] = [B] = 2 - X = 2 - 1 =1M

[AB] = 2X = 2x1 = 2M

$$K_c = \frac{[AB]^2}{[A_2][B_2]} = \frac{[2]^2}{[1][1]} = 4$$

اكتب المعادلة هنا

بما ان المعادلة الثانية هي عكس معادلة1 سيكون لها الثابت

$$Kc_2 = \frac{1}{[KC_1]} = \frac{1}{4}$$

$$M = \frac{n}{V_{(L)}} = \frac{6}{3} = 2M$$

$2AB_{(g)}$ ⇌	$B_{2(g)}$ +	$A_{2(g)}$
2	0	0
-2X	+X	+X
2-2X	X	X

$$K_c = \frac{[A_2][B_2]}{[AB]^2} \qquad \frac{1}{4} = \frac{[X][X]}{[2-2X]^2}$$ نجذر الطرفين

$$\frac{1}{2} = \frac{[X]}{[2-2X]}$$

2X = 2 -2X ⟹ 2X + 2X =2

4X = 2 ⟹ $X = \frac{1}{2} = 0.5M$

وعليه تراكيز الاتزان للأناء الثاني

[A] =[B] = 0.5 M

[AB] = 2 – 2(0.5) = 2-1 =1M

مثال اضافي22 في اناء حجمه 1L وضع ضغط معين من A للتفاعل الغازي الاتي

$$2A \rightleftharpoons 3B$$

وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان المتبقي من A =0.2atm والضغط الكلي =1atm.

جد 1) الضغط الابتدائي لA

2) Kp للتفاعل الاتي $\frac{3}{2}B \rightleftharpoons A$

الحل/ 1) ايجاد الضغط الابتدائي

2A ⇌	3B
Y	0
-2X	+3X
Y - 2X (0.4atm)	3X

$P_T = P_A + P_B$

1 = 0.4 + 3X

0.6 = 3X

$$X = \frac{0.6}{3} = 0.2atm$$

وعليه الضغط الابتدائي ل A

Y – 2X = 0.4

Y -2(0.2) = 0.4

Y – 0.4 = 0.4

Y = 0.4 + 0.4 = 0.8atm

2) نجد KP للتفاعل

P_A =0.2atm معطى

P_B 3X = 3 x 0.2 = 0.6 atm

$$KP = \frac{PB^3}{PA^2} = \frac{0.6 \times 0.6 \times 0.6}{0.4 \times 0.4}$$

$$KP = \frac{PB^3}{PA^2} = \frac{0.6 \times 0.6 \times 0.6}{0.2 \times 0.2}$$

$$KP = \frac{PB^3}{PA^2} = \frac{6 \times 6 \times 0.6}{2 \times 2} = = \frac{3 \times 3 \times 0.6}{1}$$

KP = 5.4

نلاحظ ان المعادلة انقلبت وقسمت على2 وعليه.

$$Kp_2 = \sqrt{\frac{1}{Kp1}} = \sqrt{\frac{1}{54}} = \frac{1}{0.185}$$

مثال اضافي23 وضع 6.4 مول من كلوريد الهيدروجين في وعاء مغلق حجمه 2L وبحرارة معينة وصل التفاعل الغازي الى حالة الاتزان فوجد ان المتكون من غاز الكلور 0.4mol حسب التفاعل التالي

$$2HCl_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + Cl_{2(g)}$$

فما عدد مولات غاز HCl في خليط الاتزان لأناء اخر حجمه 1L الناتج من خلط غازي الكلور والهيدروجين بكميات 4M لكل منهما

الحـــــل/ واجب للتأكد من صحة الحل سيكون الناتج 3.5mol

القاعدة الثالثة إذا كان التفاعل ناتجا من مجموع عدد من التفاعلات فان ثابت الاتزان = حاصل ضرب ثوابت الاتـزان لكل التفاعلات التي ينتج من مجموعها.

مثلا لنأخذ التفاعلين الآتيين

$$C_{(S)} + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_{(g)} \qquad K_c = \frac{[CO]}{[O_2]^{1/2}}$$

$$CO_{(g)} + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_c = \frac{[CO_2]}{[CO]\,[O_2]^{1/2}}$$

وبجمع التفاعلين نحصل على المعادلة التالية

$$C_{(S)} + O_2 \rightleftharpoons CO_{2(g)} \qquad K_c = \frac{[CO_2]}{[O_2]}$$

ان ثابت الاتزان لهذه المعادلة الأخيرة سيكون حاصل ضرب ثابت الاتزان المعادلة الأولى والثانية.

تمرين (2-13) وجد ان ثابت الاتزان للضغوط الجزيئية بدرجة حرارة 2000K لكل من التفاعلات التالية.

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \qquad K_P = 150$$

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{3(g)} \qquad K_P = 2.5$$

احسب ثابت الاتزان للتفاعل K_c الاتي

$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)} \qquad K_C = ?$$

للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الأولى كما هي وتقلب المعادلة الثانية

$$\frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{1}{2}F_{2(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} \qquad K_{P1} = 150$$

$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons \frac{1}{2}Br_{2(g)} + \frac{3}{2}F_{2(g)} \qquad K_{P2} = \frac{1}{K_p} = \frac{1}{2.5} = 0.4$$

$$BrF_{3(g)} \rightleftharpoons BrF_{(g)} + F_{2(g)} \qquad K_P = ?$$

$K_P = K_{p1} \times K_{p2} = 150 \times 0.4 = 60$

$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta ng = 2-1 = 1$

$K_c = 60(0.082 \times 2000)^{(-1)}$

$K_c = 60(164)^{(-1)}$

$K_c = \frac{60}{164} = 0.366$

اسئلة الفصل الخاصة بموضوع اهمية ثابت الاتزان وطريقة كتابة المعادلة/ القاعدة الثالثة

15-2 اذا كانت ثوابت الاتزان للتفاعلات التالية

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $K_c = 4.2 \times 10^{-7}$

$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$ $K_c = 4.7 \times 10^{-9}$

$HCO_3^- \rightleftharpoons CO_3^{-2} + H^+$ $K_c = 4.8 \times 10^{-11}$

فما ثابت الاتزان للتفاعل التالي

$CO_2 + CaCO_{3(S)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

الجواب/ للحصول على المعادلة المطلوبة تبقى المعادلة الاولى والثانية كما هي ونقلب المعادلة الثالثة.

$CO_2 + H_2O \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$ $K_c = 4.2 \times 10^{-7}$

$CaCO_{3(S)} \rightleftharpoons CO_3^{-2} + Ca^{+2}$ $K_c = 4.7 \times 10^{-9}$

$H^+ + CO_3^{-2} \rightleftharpoons HCO_3^-$ $K_c = \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}}$

$CO_2 + CaCO_{3(S)} + H_2O \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2HCO_3^-$

$K_c = K_{c1} \times K_{c2} \times K_{c3}$

$K_c = 4.2 \times 10^{-7} \times 4.7 \times 10^{-9} \times \frac{1}{4.8 \times 10^{-11}} = 4.1 \times 10^{-5}$

29-2 وجد ان ثابت الاتزان بدلالة الضغوط الجزيئية K_P بحرارة 1000K للتفاعلات ادناه

$C_{(s)} + \frac{1}{2}O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{(g)}$ $K_P = 2.9 \times 10^{10}$

$C_{(s)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)}$ $K_P = 5 \times 10^{20}$

احسب ثابت الاتزان بدلالة Kc للتفاعل

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

الحـــل/ للحصول على المعادلة الاصلية نقلب المعادلة الاولى ونضربها × 2 ونضرب المعادلة الثانية × 2

$2CO_{(g)} \rightleftharpoons 2C_{(s)} + O_{2(g)}$ $K_p = \frac{1}{(2.9 \times 10^{10})^2} = \frac{1}{8.41 \times 10^{20}}$

$2C_{(s)} + 2O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$ $K_p = 25 \times 10^{40}$

$2CO_{(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2CO_{2(g)}$

$K_p = K_{p1} \times K_{p2}$

$K_p = 25 \times 10^{40} \times \frac{1}{8.41 \times 10^{20}} = 2.978 \times 10^{20}$

$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng}$

$\Delta ng = 2-3 = -1$

$K_c = 2.97 \times 10^{20} (0.082 \times 1000)^{-(-1)} = 0.244 \times 10^{23}$

$Kc = 2.44 \times 10^{22}$

9-2 حاصل التفاعل (Q)

يمكن لنا في اي لحظة من التفاعل معرفة اتجاه التفاعل او حالة الاتزان ان امكن لنا معرفة تراكيز المواد الناتجة والمتفاعلة في تلك اللحظة والتي من خلالها يمكن ان نجد قيمة تسمى بحاصل التفاعل يرمز له بالرمز (Q)

حاصل التفاعل Q وتعني حاصل القسمة وهي قيمة افتراضية لثابت الاتزان تحسب في لحظة ما خلال التفاعل للتنبؤ بوصول الى حالة الاتزان يعبر عنها بنفس العلاقة المستعملة للتعبير عن الثوابت والفرق بينهما هو ان التراكيز المستخدمة في علاقة Q ليست بالضرورة تكون في حالة اتزان.

من العلاقة بين Kc و Q يمكن بواسطتها التنبؤ بحالة الاتزان او اتجاه سير التفاعل.

1. اذا كانت Kc=Q فان النظام سيكون في حالة اتزان وتراكيز المتفاعلات والنواتج تراكيز اتزان
2. عندما تكون Q أكبر من Kc (Kc < Q) فان التفاعل ليس في حالة اتزان ويتجه التفاعل من اليمين الى اليسار اي باتجاه المتفاعلات
3. عندما تكون Q اصغر من Kc (Kc > Q) فان التفاعل ليس في حالة اتزان و يتجه التفاعل من اليسار(المتفاعلات) الى اليمين (النواتج).

ملاحظات في غاية الاهمية قبل الدخول الى مسائل حاصل التفاعل.

نحن نعرف ان السؤال يخص موضوع(حاصل تفاعل) اذا أعطى مزيج لكافة المتفاعلات والنواتج بداية التفاعل

1. هناك عدة طرق لتحديد جهة التفاعل إمامي او خلفي ومنها

اولا:- نجد قيمة Kc و قيمة Q ونقارن بين النتيجتين فاذا كان

أ- قيمة Q اكبر من قيمة Kc فالتفاعل ينزاح نحو المتفاعلات.

ب- قيمة Q اصغر من قيمة Kc فالتفاعل ينزاح نحو النواتج.

ثانيا :- من خلال معرفة التركيز الابتدائي والنهائي لاحد النواتج او المتفاعلات ونعمل مقارنة بين التركيزين فاذا كان

أ- التركيز الابتدائي اكبر اي التركيز النهائي قل فالتفاعل عكس اتجاه هذه المادة.

ب- التركيز الابتدائي اقل اي التركيز النهائي للمادة زاد فالتفاعل باتجاه هذه المادة.

ثالثا: من تعابير تذكر في السؤال مثلا يذكر

أ- زاد تركيز المادة بمقدار اي التفاعل باتجاه تلك المادة

ب- قل تركيزها اي التفاعل بعكس اتجاه المادة .

رابعا : من خلال درجة الحرارة ركز جدا هنا

أ- اذا كان التفاعل باعث وذكر ارتفعت الحرارة اي التفاعل باتجاه النواتج واذا ذكر انخفضت اي باتجاه المتفاعلات

ب- اذا كان التفاعل ماص وذكر ارتفعت الحرارة اي التفاعل باتجاه المتفاعلات واذا ذكر انخفضت اي باتجاه النواتج

س/ ماذا نعني ان التفاعل باتجاه تلك المادة

ج/ يعني انه في الخطوة الثانية خطوة التغير في التركيز انها هي من تأخذ الاشارة الموجبة والجهة الاخرى تأخذ الاشارة السالبة اي حتى لو كان في جهة المتفاعلات فلا تتفاجأ ان اخذت المتفاعلات الاشارة الموجبة والنواج الاشارة السالبة.



اسئلة الفصل الخاصة بموضوع حاصل التفاعل

مثال(2-12) ثابت الاتزان للتفاعل

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

عند 500C° هو 0.06 قرر اتجاه سير التفاعل.

$[H_2]$	$[N_2]$	$[NH_3]$	
0.002	0.00001	0.001	1
0.345	0.000015	0.0002	2
0. 01	5.00	0.0001	3

الحل/ نجد قيمة Q لكل حالة ونقارنها مع قيمة Kc للتنبؤ باتجاه سير التفاعل

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.001)^2}{(0.002)^3(0.00001)} = 1.25\ x10^7$$

قيمة Q أكبر من قيمة Kc فان التفاعل يسير بالاتجاه الخلفي اي ينزاح النظام نحو اليسار حتى يصل الى حالة أتزان جديدة.

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.0002)^2}{(0.345)^3(0.000015)} = 0.06$$

قيمة Q تساوي قيمة KC فان التفاعل في حالة اتزان

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(0.0001)^2}{(0.01)^3(5)} = 0.002$$

قيمة Q قيمة أصغر من KC فان التفاعل ويسير بالاتجاه الأمامي (نحو اليمين) حتى يصل حالة اتزان جديدة.

تمرين (2 -14) للتفاعل الغازي الاتي

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

ثابت الاتزان Kc له = 9

1) هل ان مزيج مكون من 2 مول من كل من الغازات NH_3 N_2 H_2 في وعاء مغلق حجمه 1L يمثل حالة اتزان ولماذا؟

2) لو كان المزيج غير متزن ما حجم الإناء لجعله متزنا

الحل/ لمعرفة المزيج متزن او غير متزن نستخرج قيمة Q M=n لان الحجم 1 لتر

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]} = \frac{(2)^2}{(2)^3(2)} = 0.25$$

Q ≠ Kc اذا المزيج غير متزن اذا كان الحجم = 1L

2ـ نعتبر الحجم = V ويجب ان نستخدم نفس قيمة ثابت الاتزان لجعله المزيج متزن

$$Q = \frac{[NH3]^2}{[H2]^3\ [N2]}$$

$$9 = \frac{\left(\frac{2}{V}\right)^2}{\left(\frac{2}{V}\right)^3\ X\ \frac{2}{V}}$$

$$9 = \frac{1}{\left(\frac{2}{V}\right)^2} \Longrightarrow 9 = \frac{1}{\frac{4}{V^2}}$$

$$9 = \frac{V^2}{4} \quad \text{بالجذر} \Longrightarrow 3 = \frac{V}{2} \Rightarrow V = 6L$$

اذا يكون المزيج متزنا عندما يكون الحجم 6L

سالفة بينك وبين حاصل التفاعل كالاتي كانت

شوف يا Q اذا انت اصغر من الثابت فبعدك ما اخذتك حقك فتروح للنواتج .
اما لا طلعت اكبر من الثابت فانت مآخذ اكثر من حقك فرجعه للمتفاعلات
يروح للنواتج يعني النواتج موجب والمتفاعلات سالب في الخطوة الثانية.
يرجع للمتفاعلات هي موجب والنواتج تأخذ سالب في الخطوة الثانية

تمرين (2-15) في اناء حجمه 2L سخن 1.4mol من الغازات HBr و H_2 و Br_2 حتى وصل التفاعل حالة اتزان

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$$

فاذا عملت ان ثابت الاتزان لتكوين مول واحد من HBr بدلالة الضغوط الجزيئية = 0.25 فما عدد مولات المواد الناتجة والمتبقية في الاناء عند الاتزان.

الحل/ نلاحظ ان معادلة التفاعل هي

$$H_{2(g)} + Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2HBr$$

حيث المتكون 2 مول من غاز HBr وقيمة الثابت المعطاة لمول واحد وبدلالة الضغوط لذا نكتب معادلة تكوين مول واحد ونحول قيمة Kp الى Kc

$$\frac{1}{2}H_{2(g)} + \frac{1}{2}Br_{2(g)} \rightleftharpoons HBr$$

حيث يمكن استخراج K_c لهذه المعادلة بهذا القانون

$$K_c = K_p\,(RT)^{-\Delta ng}$$

$$\Delta ng = 1 - \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2}\right) = 0$$

$$K_c = K_p = 0.25$$

وعليه نلاحظ ان معادلة التفاعل هي ضعف معادلة تكوين مول واحد من غاز HBr وعليه Kc لها سيكون

$$Kc_2 = (Kc_1)^2 = (0.25)^2 = 0.0625$$

نجد الان حاصل التفاعل للمعادلة بعد ايجاد التراكيز الاولية

$$[H_2] = [Br_2] = [HBr] = \frac{M}{V} = \frac{1.4}{2} = 0.7\ M$$

$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	2HBr
0.7		0.7		0.7

$$Q = \frac{[HBr]^2}{[H_2]\,[Br_2]} = \frac{(0.7)^2}{(0.7)X\,(0.7)} = 1$$

نلاحظ ان حاصل التفاعل Q أكبر من ثابت الاتزان وعلية يكون سير التفاعل بالاتجاه الخلفي(المتفاعلات)

$H_{2(g)}$	+	$Br_{2(g)}$	$\rightleftharpoons$	2HBr
0.7		0.7		0.7
+ X		+X		-2X
0.7 +X		0.7+X		0.7 -2X

$$K_c = \frac{[HBr]^2}{[H_2]\,[Br_2]}$$

$$0.0625 = \frac{(0.7-2X)^2}{(0.7+X)\,(0.7+X)}$$ نجذر الطرفين

$$0.25 = \frac{(0.7-2X)}{(0.7+X)}$$

$$0.7 - 2X = 0.175 + 0.25X$$

$$0.700 - 0.175 = 0.25X + 2.00X$$

$$0.525 = 2.25X$$

$$X = \frac{0.525}{2.25} = 0.233\ M$$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$$[H_2] = [Br_2] = 0.7 + 0.233 = 0.933M$$

$$[HBr] = 0.7 - (2 \times 0.233)$$

$$[HBr] = 0.700 - (0.466) = 0.234M$$

وعليه عدد المولات المتبقية

$$nH_2 = nBr_2 = 2_L \times 0.933_{mol/L} = 1.866\ mol$$

$$nHBr = 2_L \times 0.234_{mol/L} = 0.468\ mol$$

خطوات حل هذا السؤال

1. كتابة معادلة مول واحد لتكوين بروميد الهيدروجين.
2. تحويل K_p الى K_C
3. ايجاد K_C المعادلة الاصلية بالاعتماد على Kc معادلة تكوين المول الواحد.
4. تحويل مولات النواتج الى تراكيز ومنها نجد قيمة Q
5. نعمل مقارنه بين Q وثابت الاتزان ونحدد الاتجاه ونكمل باقي السؤال بالخطوات المعروفة.
6. بعد ايجاد التراكيز النهائية نحولها الى مولات حسب مطاليب السؤال.



مسائل الفصل الخاصة بحاصل التفاعل

سؤال(2-16) في التفاعل الافتراضي الغازي

$$2A + B \rightleftharpoons 3C$$

وفي اناء حجمه لتر واحد وضع 3mole من B مع مولات مختلفة من C و A وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان اناء التفاعل يحتوي على 6mole من C و6mole من A ما عدد مولات A و C قبل بدء التفاعل علما ان Kc = 1.5.

الحل / لان الحجم = 1L M=n

بما انه وضع مولات متفاعلات ونواتج يجب معرفة اتجاه التفاعل حيث انه من معلومات السؤال يمكن ايجاد تركيز B النهائي

$$Kc = \frac{[C]^3}{[A]^2\,[B]}$$

$$B = \frac{[C]^3}{[A]^2\,Kc}$$

$$B = \frac{(6)^3}{(6)^2 \times 1.5} = 4\ mol$$

نلاحظ ان عدد مولات B قد زاد وهذا يعني ان التفاعل يسير باتجاه المتفاعلات لذا تكون الفرضية كالاتي

2A	+ B	⇌ 3C
a	3	b
+2X	+X	-3X
a+2X (6)	3+X (4)	b-3X (6)

بما ان تركيز B النهائي = 4 وعليه

$$3 + X = 4 \Longrightarrow X = 1$$

$$a + 2X = 6$$

$$a + (2 \times 1) = 6$$

$$a = 6 - 2 = 4mol$$ عدد مولات A بداية التفاعل

$$b - 3X = 6$$

$$b - (3 \times 1) = 6$$

$$b = 6 + 3 = 9mol$$ عدد مولات B بداية التفاعل

سؤال(2-17) ثابت الاتزان Kc يساوي 19.9 بحرارة 2500K° للتفاعل المتزن

$$Cl_{2(g)} + F_{2(g)} \rightleftharpoons 2ClF$$

ماذا يحدث لحالة الاتزان اذا كانت تراكيز الخليط (اي حدد اتجاه التفاعل)

$$[Cl_2] = 0.2M\ ,\ [F_2] = 1M\ ,\ [ClF] = 1.2M$$

الحل /

$$Q = \frac{[ClF]^2}{[Cl2]\,[F2]}$$

$$Q = \frac{[1.2]^2}{[0.2]\,[1]} = \frac{1.44}{0.2} = \frac{14.4}{2} = 7.2$$

Kc أكبر من Q ينزاح التفاعل نحو الامام

سؤال(2-30) في وعاء مغلق حجمه لتر واحد يتفاعل غاز CO مع بخار الماء ويتكون غازي CO_2 وH_2 بدرجة حرارة 700K ما تراكيز خليط الغازات عند وصولها الى حالة اتزان اذا تم وضع مول واحد من كل من المتفاعلات والنواتج علما ان ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 5.29؟

الحل / لان الحجم = 1 لتر M=n

$$CO_{(g)} + H_2O_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + H_{2(g)}$$

$CO_{(g)}$	$H_2O_{(g)}$	$CO_{2(g)}$	$H_{2(g)}$
1	1	1	1

$$Q = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} = \frac{1 \times 1}{1 \times 1} = 1$$

نلاحظ ان Q اقل من Kc اي يتجه التفاعل نحو النواتج

$CO_{(g)}$	+ $H_2O_{(g)}$	⇌ $CO_{2(g)}$	+ $H_{2(g)}$
1	1	1	1
-X	-X	+X	+X
1- X	1-X	1+X	1+X

$$Kc = \frac{[CO_2][H_2]}{[CO][H_2O]} \Rightarrow 5.29 = \frac{(1+X)^2}{(1-X)^2}$$ نجذر الطرفين

$$2.3 = \frac{1+X}{1-X} \Longrightarrow 1+X = 2.3 - 2.3X$$

$$3.3X = 1.3 \Longrightarrow X = \frac{1.3}{3.3} = 0.4M$$

وعليه التراكيز النهائية ستكون كالاتي

$$[CO]=[H_2O] = 1 - 0.4 = 0.6\ M$$

$$[CO_2]=[H_2] = 1 + 0.4 = 1.4\ M$$

سؤال(2-22) للتفاعل الغازي الباعث للحرارة

$$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

وفي اناء تفاعل حجمه لتر واحد وضعت مولات متساوية من H_2 وI_2 وضعفها من HI فوجد أن حرارة الاناء ارتفعت لحين استتباب حالة الاتزان وجد ان الاناء يحتوي 1mole من HI و 2mol من I_2 و H_2 أحسب.

1) تراكيز مكونات مزيج التفاعل قبل بدء التفاعل   2) Kc ؟

الحـــــــل/ لان الحجم 1 لتر M=n

بما ان التفاعل باعث والحرارة ارتفعت اي التفاعل اتجه نحو النواتج .

$$2HI_{(g)} \rightleftharpoons H_{2(g)} + I_{2(g)}$$

$2HI_{(g)}$	$H_{2(g)}$	$I_{2(g)}$
2Y	Y	Y
-2X	+X	+X
2Y -2X	Y+X	Y+X
1	2	2

من معطيات السؤال نحصل على المعادلتين ادناه

$$2Y - 2X = 1$$
$$Y + X = 2$$

نحل انيا نضرب معادلة 2 × 2

$$2Y - 2X = 1$$
$$2Y + 2X = 4$$

$$4Y = 5$$
$$Y = \frac{5}{4} = 1.25\ M$$

وعليه التراكيز بداية التفاعل

$$[H_2] = [I_2] = Y = 1.25M$$
$$[HI] = 2Y = 2 \times 1.25 = 2.5\ M$$

2) ايجاد ثابت الاتزان

$$Kc = \frac{[H_2][I_2]}{[2HI]^2}$$

$$Kc = \frac{2 \times 2}{1} = 4$$

الاثرائيات الخاصة بحاصل التفاعل

مثال اضافي24 في التفاعل الافتراضي الغازي الماص $2C \rightleftharpoons A + B$ في اناء حجمه لتر واحد وضع مولات من A و B وضعفها من C وبوضع المواد انخفضت درجة الحرارة وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات A و B = 3 مول وعدد مولات C = 2مول احسب عدد مولات خليط الاتزان الابتدائية

الحل / لان الحجم = 1L $M=n$

بما ان التفاعل ماص وبوضع المواد انخفضت الحرارة اي انها التفاعل اتجه نحو النواتج

$2C$	$\rightleftharpoons$	A	+	B
$2Y$		Y		Y
$-2X$		$+X$		$+X$
$2Y-2X$		$Y+X$		$Y+X$
2		3		3

من معطيات السؤال نحصل على المعادلتين ادناه

$$2Y - 2X = 2$$
$$Y + X = 3$$

نحل انيا نضرب معادلة 2 $\times$ 2

$$2Y - 2X = 2$$
$$2Y + 2X = 6$$

$$4Y = 8$$

$$Y = \frac{5}{4} = 2\ M = 2mol$$ لان الحجم لتر واحد

وعليه المولات الابتدائية

$n\,A = n\,B = Y = 2mol$

$n\,C = 2Y = 2 \times 2mol = 4\ mol$

خلي نحسم الجدل بموضوع التفاعل الباعث والماص واتجاه التفاعل شوف يا عيني التفاعل ماص يعني الحرارة بجهة المتفاعلات زين من فجاة انخفضت وين راحت اكيد نحو النواتج زين اذا بالعكس الحرارة ارتفعت يعني التفاعل راح الها يعني راح للمتفاعلات خلي نعيد الحجي بس على الباعث التفاعل الباعث الحرارة بالنواتج زين اذا انخفضت فجاة وين راحت للمتفاعلات اما اذا زادت يعني التفاعل راح ركض الها يعني راح للنواتج

ها وترا هذه الموضوع يختلف عن الحرارة بقاعدة لو شاتليه عكسه تماما لان ذاك احنا نتحكم بالحرارة هذه التفاعل يتحكم بالحرارة

مثال اضافي25 في التفاعل الغازي الباعث $2C + O_2 \rightleftharpoons 2CO$ في اناء حجمه لتر واحد وضع مولات من O_2 وضعفها من C و3 امثالها من CO_2 وبوضع المواد انخفضت درجة الحرارة وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان عدد مولات C = 12 مول وعدد مولات CO_2 = 8مول احسب

1) التراكيز الابتدائية لكل مادة في الخليط

2) ثابت الاتزان Kc

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل

التراكيز النهائية ستكون كالاتي C=8 O_2=4

$CO_2 = 12$ اما قيمة الثابت =0.074او $\frac{2}{27}$

مثال اضافي25 في التفاعل الافتراضي الغازي $A + 3B \rightleftharpoons 2C$ في اناء حجمه لتر واحد وضع 2مول من A و4مول من B و3 مول من C وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تراكيز C قد زادت بمقدار 2M احسب ثابت الاتزان Kc

الحل / لان الحجم = 1L M=n

بما ان تراكيز C قد زادت هذا يعني ان التفاعل باتجاه C التي هي في جهة النواتج فالتفاعل اتجه نحو اليمين النواتج.

A	+3B	⇌	2C
2	4		3
-X	-3X		+2X
2-X	4-3X		3+2X
1	1		5

من معطيات السؤال تراكيز C قد زاد بمقدار2 وهذا يعني

$2X = 2 \longrightarrow X = 1$

اذا التراكيز النهائية كالاتي

$[A] = 2 - X = 2 - 1 = 1M$

$[B] = 4 - 3X = 4-(3x1) = 4- 3 = 1M$

$[C] = 3 + 2X = 3 + (2x1) = 3 + 2 = 5M$

$$Kc = \frac{[C]^2}{[A][B]^3}$$

$$Kc = \frac{[5]^2}{[1][1]^3} = 25$$

مثال اضافي26 في التفاعل الافتراضي الغازي $A + 2B \rightleftharpoons 2C$ في اناء حجمه لتر واحد وضع 3مول من A و2مول من B و3 مول من C وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تراكيز C قد قلت بمقدار 2M احسب ثابت الاتزان Kc

الحل / واجب وللتأكد من صحة الحل $Kc=\frac{1}{64}$

مثال اضافي27 التفاعل الافتراضي الغازي $2A + B \rightleftharpoons 3C$ وفي اناء حجمه 1L وضع 4mole من A و 8mole من C مع كمية B وعند وصول التفاعل الاتزان ، وجد أن الاناء يحتوي على 4 mole من B ،احسب Kc اذا علمت أن حاصل التفاعل يساوي16

الحل / لان الحجم = 1L M=n

من حاصل التفاعل نستخرج تركيز B الابتدائي ونقارنه مع تركيزه النهائي

$$Q = \frac{[C]^3}{[A]^2 x [B]}$$

$$[B] = \frac{[C]^3}{[A]^2 x Q}$$

$$[B] = \frac{8x8x8}{4X4X16} = 2$$

نلاحظ ان تركيز B قد زاد اي التفاعل باتجاه المتفاعلات

2A	+	B ⇌	3C
4		2	8
+2X		+X	-3
4+2X		2+X	8-3

بما ان تركيز B النهائي = 4 فعليه

$2 + X = 4 \longrightarrow X = 4-2 = 2$

وعليه التراكيز النهائية كالاتي

$[A] = 4 + 2X = 4 + 2(2) = 4 + 4 = 8M$

$[B] = 4M$ معطى

$[C] = 8 - 3X = 8 - 3(2) = 8-6 = 2M$

$$Kc = \frac{[C]^3}{[A]^2 x [B]}$$

$$Kc = \frac{2 x 2 x 2}{8 x 8 x 4}$$

$$Kc = \frac{8}{8 x 32} = \frac{1}{32}$$



مثال اضافي28 للتفاعل الغازي الاتي $A + B \rightleftharpoons 2C$ وفي اناء حجمه 1 لتر وضع 2مول من A ومثلها من B ومولات معنية من C وعند الوصول الى حالة الاتزان وجد ان تركيز C النهائي = 2 وان حاصل التفاعل = 4 جد Kc للتفاعل .

الحل / واجب وللتأكد من صحة حلك سيكون الناتج $Kc=\frac{4}{9}$

2-10 العلاقة بين الطاق الحرة ΔG حاصل التفاعل (Q).

للتفاعل الاتي

$$aA + bB \rightleftharpoons gG + hH$$

ترتبط الطاقة الحرة غير القياسية ΔG مع الطاقة الحرة القياسية $\Delta G°$ لهذا التفاعل بالعلاقة التالية

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln \frac{[G]^g[H]^h}{[A]^a[B]^b} \quad (1)$$

حيث R ثابت الغازات ويساوي بوحدات الطاقة ($R=8.314\ J/K.mol$) وT درجة الحرارة بوحدات الكلفن.

ومن تعريف حاصل القسمة يمكن كتابة المعادلة بالصورة التالية

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q \quad (2)$$

وعند وصول التفاعل الى حالة الاتزان تكون الطاقة الحرة مساوية صفر وحاصل القسمة = ثابت الاتزان وعليه تصبح المعادلة أعلاه .

$$\Delta G° = - RT \ln K_{eq} \quad (3)$$

حيث يستخدم K_P لتفاعلات الغازات بدلالة الضغوط الجزيئية و K_c بدلالة التراكيز المولارية.

تعد هذه المعادلة من أهم المعادلات في علم الثرموداينمك لانها تمكننا من معرفة التغير في الطاقة الحرة $\Delta G°$ بالاعتماد على قيمة ثابت الاتزان

ان قيمة R هنا تختلف عن قيمة R الغازات تذكر هذا جيدا ولكي لا يحدث لك لبس في الموضوع هذه تستخدم مع الطاقات دائما لانها تحتوي وحدة الجول

مثال(2-13) اذا علمت ان $\Delta G°$ للتفاعل التالي = 104kJ/mol– عند الظروف القياسية

$$CCl_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons HCl_{(g)} + CHCl_{3(l)}$$

احسب ثابت الاتزان عند نفس الظروف.

علما ان $\ln 1.7 \times 10^{18} = 42$

الحل/ $T(K) = 25 + 273 = 298K$

$R=8.314\ J/K.mol$

$\Delta G_{(J/mol)} = -104kJ/mol \times 1000J/kJ$

$= -104000J/mol$

$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$

$-104000_{J/mol} = -8.314\ J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$\ln K_{eq} = \frac{-104000}{-8.314 \times 298}$

$\ln K_{eq} = 42$

$\ln K_{eq} = \ln 1.7 \times 10^{18}$

$K_{eq} = 1.7 \times 10^{18}$

ان هذه القيمة كبيرة جدا مما يعني ان قيمة تراكيز المتفاعلات قليلة جدا والتفاعل شبه تام.

ملاحظة / اننا نقوم بتحويل وحدة الطاقة الحرة الى وحدة الجول لان ثابت ال R يحتوي وحدة جول

تمرين(2 - 16) احسب ثابت الاتزان K_P للتفاعل التالي عند حرارة 25C وضغط 1atm

$$2H_2O_{(g)} \rightleftharpoons 2H_{2(g)} + O_{2(g)}$$

اذا علمت ان الطاقة الحرة القياسية لتكوين الماء هي

$\Delta G°_f (H_2O) = -237\ kJ/mol$

علما ان $\ln 1.2 \times 10^{-83} = -191.3$

الحل/

$\Delta G_r° = \sum n\Delta G_f° (P) - \sum n\Delta G_f° (R)$

$\Delta G_r° = [2\Delta G_f° (H_2) + \Delta G_f°(O_2)] - [2\Delta G_f° (H2O)]$

$\Delta G_r°[2 \times 0 + 0] - [2 \times (-237) = 474\ kJ/mol$

$T(K) = 25 + 273 = 298K$

$\Delta G°_{(J/mol)} = 474kJ/mol \times 1000\ J/kJ$

$= 474000J/mol$

$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$

$474000_{J/mol} = -8.314\ J/K.mol \times 298K \ln K_{eq}$

$\ln K_P = \frac{474000}{-8.314 \times 298}$

$\ln K_P = -191.3$

$\ln K_P = \ln 1.2 \times 10^{-83}$

$K_P = 1.2 \times 10^{-83}$

ان هذه القيمة صغيرة جدا يعني ان التفاعل لا يحدث تلقائيا

مسائل الفصل الخاصة بالعلاقة بين الطاقة الحرة وحاصل التفاعل

سؤال 2-33 وضح الفرق بين ΔG و $\Delta G°$ واكتب العلاقة بينهما ومتى تكون قيمة $\Delta G = \Delta G°$ اثبت ذلك حسابيا؟

الحل/

ΔG هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف غير قياسية.

$\Delta G°$ هي مقدار التغير بالطاقة الحرة مقاسة بظروف قياسية.

العلاقة بينهما

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q$$

تكون قيمتهما متساوية عندما تكون قيمة حاصل التفاعل = 1

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln Q$$

$$\Delta G = \Delta G° + RT \ln 1$$

$$\Delta G = \Delta G° + RT \times 0$$

$$\Delta G = \Delta G°$$

2 – 33 اذا علمت ان ثابت التأين الذاتي للماء عند درجة حرارة 25C° وضغط 1atm تساوي 1×10^{-14} احسب قيمة $\Delta G°$ للتأين

$$H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

علما ان $\ln 10^{-14} = -32.24$

الحل/

$$TK = t(C°) + 273 = 25 + 273 = 298$$

$$\Delta G° = - RT \ln K_{eq}$$

$$\Delta G° = -(8.314\ J / K\ .\ mol \times 298\ K) \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G° = (-2477.6\ J / mol) \times \ln 10^{-14}$$

$$\Delta G° = (-2477.6\ J / mol) \times -32.24$$

$$\Delta G° = 79881\ J / mol$$

علمتني اشعة جاما ان البعض لا يتأثر ولا يؤثر فهو يسير في خط واحد دون ان يستوعب التطور الذي يتسابق له الاخرون

2 - 11 قاعدة لو شاتليه

اذا اثر مؤثر خارجي مثل تغير التركيز او الحجم او الضغط او درجة الحرارة على تفاعل ما في حالة الاتزان فان هذا التفاعل يتجه بالاتجاه الذي يقلل من تأثير ذلك المؤثر ليصل التفاعـــــــــل الى حالة الاتزان الجديدة

- **يشبه هذا المبدأ قانون نيوتن في الأنظمة الميكانيكية.**
(لكل فعل رد فعل مساو له بالقيمة ومعاكس بالاتجاه)

موضع الاتزان :- مدى انحراف او انزياح الاتزان الكيميائي ناحية تكوين المواد الناتجة او المتفاعلة لتفاعل كيميائي متزن.

المؤثرات الخارجية التي تؤدي الى الإخلال بحالة الاتزان هي

أولا :- تأثير التغير في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة على موضع الاتزان.

في تفاعل هابر لإنتاج الامونيا

$$3H_{2(g)} + N_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

لاحظ ماذا سيحدث

- عند إضافة مزيد من الهيدروجين او النتروجين(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو تكوين الامونيا اي نحو اليمين(للتقليل من الكمية الزائدة من المواد المتفاعلة) اي ان سرعة التفاعل الأمامي ستزداد ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند إضافة مزيد من الامونيا(اي من المواد المتفاعلة) سينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار (لتقليل من الكمية الزائدة من الامونيا) ويستمر ذلك حتى الوصول الى حالة اتزان جديدة.
- عند سحب H_2 او N_2 التفاعل ينزاح نحوهما اي من اليمين الى اليسار.
- عند سحب كمية من الامونيا ينزاح التفاعل من اليسار الى اليمين.

الخلاصة:

1- عند الاضافة الى النواتج ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.
2- عند الاضافة الى المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.
3- عند السحب من النواتج ينزاح التفاعل نحو النواتج اي نحو اليمين.
4- عند السحب من المتفاعلات ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات اي نحو اليسار.

من الاخير
: عند السحب نفس الاتجاه
عند الاضافة عكس الاتجاه

ثانيا :- تأثير الضغط او حجم اناء التفاعل على موضع الاتزان.

ان التغير بالضغط المسلط على التفاعل او التغير بحجمه يكون بالصورة الاتية

التغير	انحراف الاتزان
زيادة الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها
نقصان الضغط	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
زيادة الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الأكثر من غيرها
نقصان الحجم	باتجاه الطرف ذي عدد المولات الغازية الاقل من غيرها

ملاحظات:

- Δn_g قيمة سالبة يعني عدد مولات المتفاعلات أكثر من عدد مولات النواتج.
- Δn_g قيمة موجبة يعني عدد مولات النواتج أكثر من عدد مولات المتفاعلات.
- $\Delta n_g = 0$ يعني عدد مولات النواتج = عدد مولات المتفاعلات(هنا ليس هناك اي تأثير لزياد او نقصان الضغط).
- زيادة الضغط يعني نقصان الحجم والعكس بالعكس (علاقة عكسية قانون بويل).

مثال عام عن تأثير الضغط والحجم.

$$2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

نلاحظ ان قيمة $\Delta n_g = -1$ اي ان عدد المولات قل وبالتالي الحجم الكلي للتفاعل قل

لذا فان زيادة الضغط يقل الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه النواتج لانها تمتلك عدد مولات اقل

اما عند خفض الضغط يزداد الحجم على هذا التفاعل سوف ينزاح باتجاه المتفاعلات لانها تمتلك عدد مولات اكبر

ثالثا :- تأثير درجة الحرارة

اولا : في حالة التحكم بالحرارة من قبلنا

التغيير	التفاعلات الباعثة للحرارة	التفاعلات الماصة للحرارة
زيادة درجة الحرارة	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}
نقصان درجة الحرارة	ينزاح نحو النواتج تزداد قيمة K_{eq}	ينزاح نحو المتفاعلات تقل قيمة K_{eq}

ثانيا- في حالة ان الحرارة انخفضت او ارتفعت من تلقاء نفسه نتبع ما يلي

- في حالة الارتفاع بالحرارة ابحث عن الباعث او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الباعث يعني الحرارة ارتفعت.
- في حالة الانخفاض بالحرارة ابحث عن الماص او يمكن القول اذا التفاعل اتجه نحو الماص الحرارة انخفضت.

مهم جدا : اذا كان التفاعل الامامي باعث فالتفاعل الخلفي ماص.

أمثلة عن تأثير درجة الحرارة.

1ـ للتفاعل الاتي $CaCO_{3(s)}$ + طاقة ⇌ $CaO_{(s)}$ + CO_2

ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليمين اي باتجاه النواتج)

ب- خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليسار باتجاه المتفاعلات)

2ـ للتفاعل الاتي $2CO_{(g)}$ + $O_{2(g)}$ ⇌ $2CO_{2(g)}$ + طاقة

ماذا يحدث عن

أ- زيادة درجة الحرارة.(ينزاح التفاعل نحو اليسار اي نحو المتفاعلات)

ب- خفض درجة الحرارة. (ينزاح التفاعل نحو اليمين اي نحو النواتج)

رابعا :- العامل المساعد

العامل المساعد يؤدي فقط الى خفض طاقة التنشيط ولا يؤثر في تراكيز المواد المتفاعلة او الناتجة وبالتالي لا تؤثر على موضع الاتزان او قيمة ثابت الاتزان

علل/ إضافة العامل المساعد لا تؤثر موضع الاتزان؟ (مهم)

الجواب / لان العامل المساعد يزيد معدل سرعتي التفاعل الأمامي والخلفي بالدرجة نفسها فيتم الوصول الى حالة الاتزان بسرعة عالية دون حدوث في تغيرات المواد الداخلة في التفاعل.

2 - 11 العوامل المؤثرة على قيمة ثابت الاتزان

تذكر فقط الحرارة تؤثر على قيمة ثابت الاتزان

1- التغير في الضغط والحجم وإضافة العامل المساعد لا تؤثر على قيمة ثابت الاتزان.

2- التغير في درجة الحرارة هو وحده من يؤثر في قيمة ثابت الاتزان الكيميائي.

مهم جدا/ اذا اتجه التفاعل نحو النواتج قيمة ثابت الاتزان تزداد قيمة K_{eq}

اما اذا اتجه التفاعل نحو المتفاعلات قيمة ثابت الاتزان K_{eq} تقل

الامثلة والتمارين الخاصة بقاعدة لو شاتليه

مثال (2 -14) للتفاعل المتزن

$2Hg_{(l)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2HgO_{(s)}$

ΔH للتفاعل = 181 kJ- عند حرارة 298K وK_p = 3.2×10^{20} بين هل ان قيمة K_p عند 500K اكبر ام اقل من قيمتها عند 298K للتفاعل نفسه؟

الحل/ بما ان التفاعل باعث ودرجة الحرارة قد زادت هذا يعني ان التفاعل اتجه نحو المتفاعلاتللتخلص من الفائض الحراري وبالتالي قيمة الثابت ستقل اي قيمة K_p اصغر عند 500K

تمرين (2 -17) للتفاعل المتزن

$2BrF_{5(g)} \rightleftharpoons Br_{2(g)} + 5F_{2(g)}$

ΔH للتفاعل = 851kJ عند حرارة 1000K وK_p = 7.14×10^{-16} بين هل ان قيمة K_p عند 1500K اكبر ام اقل من قيمتها عند 1000K للتفاعل نفسه

الحل/ بما ان التفاعل ماص ودرجة الحرارة قد زادت هذا يعني ان التفاعل اتجه نحو النواتج للتخلص من الفائض الحراري وبالتالي قيمة الثابت ستزداد اي قيمة K_p اكبر عند 1500K

مثال(2-15) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$N_2F_{4(g)} \rightleftharpoons 2NF_{2(g)} \quad \Delta H = 38.5\ kJ/mol$$

1- تسخين خليط الاتزان في اناء مغلق.
2 - سحب N_2F_4 من خليط الاتزان عند ثبوت درجة الحرارة والحجم.
3 - خفض الضغط على خليط متزن بدرجة حرارة ثابتة.
4 - إضافة العامل المساعد الى خليط الاتزان.

الأجوبة/

1- بما ان التفاعل ماص بتسخين الخليط سيتجه نحو النواتج للتخلص من الفائض الحراري وقيمة ثابت الاتزان تزداد
2- عند سحب كمية من N_2F_4 سينزاح التفاعل نحوا جهة المتفاعلات لتعويض النقص الحاصل في N_2F_4 ثابت الاتزان لا يتأثر.
3- عند خفض الضغط يزداد الحجم سيتجه نحو جهة النواتج كونها اكبر عدد مولات غازية و ثابت الاتزان لا يتأثر
4- العامل المساعد يخفض طاقة التنشيط اي يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان (هذه العبارة ثابتة دائما للعامل المساعد).

تمرين(2-18) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن الاتي.

$$3O_{2(g)} \rightleftharpoons 2O_{3(g)} \quad \Delta H = 428\ kJ/mol$$

1) زيادة الضغط على التفاعل
2) إضافة مزيد من O_2 الى النظام.
3) خفض درجة الحرارة.
4) إضافة العامل المساعد

الأجوبة/

1) بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية وثابت الاتزان لا يتأثر
2) عند إضافة مزيد من O_2 سوف يزداد تركيزه وبالتالي يتجه التفاعل نحو اليمين وثابت الاتزان لا يتأثر
3) التفاعل ماص للحرارة لذا عند خفض درجة الحرارة سوف يتجه نحو اليسار تقل قيمة ثابت الاتزان.
4) العامل المساعد لا يؤثر على حالة الاتزان ولا يؤثر على ثابت الاتزان.

تمرين (2-19) يصل مزيج الغازات الموضوعة في وعاء مغلق عند 25C° الى حالة الاتزان كما في التفاعل الاتي:-

$$C_2H_{4(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons C_2H_{6(g)} + 137KJ/\ mol$$

صف عدد من الإجراءات التي تؤدي لرفع كمية غاز C_2H_6 الناتجة من هذا التفاعل.

الجواب/

1- زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم.
2- سحب غاز C_2H_6 باستمرار.
3- كون التفاعل باعث يجب خفض(تبريد) درجة الحرارة باستمرار.
4- زيادة الضغط لتقليل الحجم وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج لانها اقل عدد مولات

حل الاسئلة الخاصة بقاعدة لي شاتليه

سؤال (5-2) للتفاعل المتزن الغازي **الباعث** للحرارة

$$2NO_2 \rightleftharpoons N_2O_4$$

كيف تتغير حالة الاتزان ولماذا؟

1) عند زيادة الضغط 2) رفع درجة الحرارة 3) سحب غاز N_2O_4

الاجوبة :-

1) عند زيادة الضغط يتجه التفاعل نحو النواتج : لانه بزيادة الضغط يقل الحجم وبالتالي يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية .

2) رفع درجة الحرارة : - يتجه التفاعل نحو المتفاعلات :- لان التفاعل باعث وفي التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل نحو المتفاعلات للتخلص من الفائض الحراري.

3) سحب غاز N_2O_4: يتجه التفاعل من المتفاعلات نحو النواتج لتعويض النقص الحاصل في عملية سحب غاز N_2O_4

سؤال(6-2) ما تأثير كل من العوامل التالية على حالة الاتزان وثابت الاتزان للتفاعل المتزن

$$PCl_{5(g)} \rightleftharpoons PCl_{3(g)} + Cl_{(2)} \quad \Delta H= 38.5\ kJ/mol$$

1) خفض درجة الحرارة. 2) إضافة زيادة من Cl_2 الى خليط الاتزان.

3) سحب PCl_3 من خليط الاتزان. 4) زيادة الضغط على خليط الاتزان

5) إضافة العامل المساعد.

الاجوبة/

1) التفاعل ماص للحرارة سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) **وتقل قيمة ثابت الاتزان.**

2) سيتجه نحو اليسار (المتفاعلات) **ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان.**

3) سيتجه نحو اليمين (النواتج) **ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان.**

4) سيتجه نحو المولات الاقل اي نحو اليسار (المتفاعلات) **ولا تتاثر قيمة ثابت الاتزان**

يزيد من سرعة التفاعل وبالتالي لا يؤثر على حالة الاتزان **ولا يؤثر على ثابت الاتزان.**

سؤال(7-2) التفاعل المتزن الاتي

$$2SO_{2(g)} + O_{2\ (g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$$

انثالبي التفاعل = -198.2 ماذا يحدث للتراكيز SO_2 و O_2 و SO_3 عند الاتزان بعد

1- زيادة درجة الحرارة التفاعل. 2- خفض الضغط المسلط على التفاعل.

3- زيادة تركيز SO_2 في خليط الاتزان 4- إضافة عامل مساعد.

العامل	$[SO_3]$	$[O_2]$	$[SO_2]$
زيادة درجة الحرارة	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
خفض الضغط المسلط	يقل تركيزه	يزداد تركيزه	يزداد تركيزه
زيادة تركيز SO_2	يزداد تركيزه	يقل تركيزه	يقل تركيزه بعد الزيادة
إضافة عامل مساعد	لا يتأثر	لا يتأثر	لا يتأثر

سؤال(2-8) هل يؤدي دائما رفع درجة الحرارة في اي تفاعل في حالة اتزان الى زيادة في تركيز النواتج اذا كانت إجابتك بالنفي فما هي التفاعلات التي تؤدي أو لا تؤدي الى زيادة نواتج.

الجواب / كلا ليس كل التفاعلات تؤدي الى زيادة التراكيز النواتج فقط التفاعلات الماصة تزداد تراكيز النواتج بزيادة درجة الحرارة حيث يتجه التفاعل نحو النواتج للتخلص من الفائض الحراري.

لكن التفاعلات الباعثة للحرارة تقوم النواتج باستخدام الحرارة الزائدة لزيادة تركيز المتفاعلات.

سؤال (2-9) للتفاعل المتزن الباعث للحرارة

$$2PbS_{(s)} + \underline{3}O_{2(g)} \rightleftharpoons 2PbO_{(s)} + \underline{2}SO_{2(g)}$$

وضح تأثير كل من العوامل الاتية على حالة الاتزان وقيمة ثابت الاتزان

1) خفض الضغط المسلط 2) تبريد اناء التفاعل.

الاجوبة :-

1) **عند خفض الضغط:-** بخفض الضغط يزداد الحجم وبالتالي يتجه التفاعل نحو المتفاعلات ولا يتأثر ثابت الاتزان.

2) **تبريد اناء التفاعل:-** بما ان التفاعل باعث يتجه التفاعل نحو النواتج وتزداد قيمة ثابت الاتزان.

سؤال(2-10) التفاعل الاتي ماص للحرارة يجري في اناء مغلق.

$$CaCO_{3(s)} \rightleftharpoons CaO_{(s)} + CO_{2(g)}$$

ماذا يحدث للتفاعل المتزن عند الاتي

1 ـ تقليل حجم الاناء؟ **الجواب /** ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).

2 ـ إضافة مزيد من CaO لخليط الاتزان؟ **الجواب /** لا يؤثر. لانه مادة صلبة.

3 ـ سحب مزيد من CaCO3 لخليط الاتزان؟ **الجواب /** لا يؤثر. لانه مادة صلبة.

4 ـ إضافة مزيد من CO2 لخليط الاتزان؟ **الجواب/** ينزاح التفاعل نحو المتفاعلات (خلفي).

5 ـ زيادة درجة الحرارة؟ **الجواب/** ينزاح التفاعل نحو النواتج (إمامي).

سؤال(2-23) صف اربع اجراءات تؤدي لرفع المنتوج للتفاعل الغازي المتزن الباعث للحرارة.

$$N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)}$$

الجواب

1ـ سحب غاز الامونيا باستمرار. (لانه عند السحب من النواتج سيتجه التفاعل نحوه للتعويض النقص الحاصل)

2ـ زيادة تراكيز المتفاعلات بشكل دائم (للتخلص من فائض المتفاعلات يتجه نحو النواتج)

3ـ خفض درجة الحرارة. (لان التفاعل باعث بخفض الحرارة يتجه نحو النواتج)

4ـ زيادة الضغط (بزيادة الضغط يقل الحجم يتجه نحو النواتج لانها الاقل عدد مولات غازية)



سؤال(2-13) للتفاعل المتزن $A \rightleftharpoons 2B$

من خلال الجدول التالي أحسب Kp و Kc للتفاعل بدرجات الحرارة المختلفة ثم بين هل التفاعل ماص او باعث

درجة الحرارة/ C°	B(mol/L)	A(mol/L)	رقم التفاعل
200	0.843	0.0125	1
300	0.764	0.171	2
400	0.724	0.250	3

الحل/ التفاعل الاول

$$K_c = \frac{[B]^2}{[A]}$$

$$K_c = \frac{(0.834)^2}{(0.0125)} = 56.85$$

$$\Delta n_g = 2-1 = 1$$

$$T = t_{(c^\circ)} = 200 + 273 = 473\ K$$

$$K_p = K_c(RT)^{\Delta ng}$$

$$K_p = 56.85(0.082 \times 473)^1 = 2205$$

التفاعل الثاني بنفس الخطوات ستكون النتائج كالاتي $K_p = 160.3$ $K_c = 3.41$

التفاعل الثالث بنفس الخطوات ستكون النتائج كالاتي $K_p = 115.7$ $K_c = 2.09$

ولمعرفة التفاعل ماص او باعث ج/ نلاحظ انه كلما ارتفعت درجة الحرارة قيم ثابت الاتزان تقل اي ان التفاعل يتجه نحو المتفاعلات وبالتالي يعتبر التفاعل باعث لانه في التفاعلات الباعثة يتجه التفاعل يسارا للتخلص من لفائض الحراري.

اثرائي يشمل على كل مواضيع لي شاتليه:- **واجب**

للتفاعل التالي $2A_{(g)} + B_{(S)} + 100kJ \rightleftharpoons C_{(g)} + D_{(l)} + E_{(aq)}$

ماذا يحدث لحالة الاتزان وثابت الاتزان في الحالات التالية.

1- سحب تراكيز من A ج/

2- اضافة تراكيز الى B ج/

3- سحب تراكيز من C ج/

4- سحب تراكيز من D ج/

5- اضافة تراكيز الى E ج/

6- زيادة الضغط. ج/

7- زيادة الحجم. ج/

8- تسخين اناء التفاعل ج/

9- خفض درجة الحرارة ج/

10- اضافة عامل مساعد ج/



سؤال (2-28) في اناء مغلق حجمه لتر واحد اجري التفاعل الاتي

$$H_2 + I_2 \underset{K_b}{\overset{K_f}{\rightleftharpoons}} 2HI$$

عند 490C° كان ثابت سرعة التفاعل الامامي $K_f = 0.6256$ وثابت سرعة التفاعل الخلفي K_b =0.0136

وان ثابت الاتزان للتفاعل بدرجة 872K = 59

بين كيف يتأثر عدد مولات HI عند الاتزان بهذه الاجراءات

أ) اضافة مزيد من H_2 .

ب) انخفاض درجة الحرارة.

ج) ازاحة بعض من I_2. (ازاحه يعني سحب)

الحلول /

يجب معرفة نوع التفاعل ماص او باعث

نستخرج اولا ثابت الاتزان عند حرارة 490 C° حيث

T(K) = 490 + 273 = 763 K

$$K_{eq} = \frac{K_f}{K_b} = \frac{0.6256}{0.0136} = 46$$

التفاعل	الثابت	الحرارة
الاول	46	763K
الثاني	59	872K

نلاحظ انه بزيادة درجة الحرارة قيمة الثابت تزداد وبالتالي هذا يعني ان التفاعل ماص

1) اضافة مزيد H_2

عند اضافة مزيد من H_2 سوف ينزاح التفاعل نحو اليمين للتخلص من الفائض وبذلك تزداد مولات HI.

انخفاض درجة الحرارة

بما ان التفاعل ماص عليه عند انخفاض درجة الحرارة في التفاعلات الماصة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبذلك تقل مولات HI

ج) ازاحة بعض من I_2 :

سيتجه التفاعل من اليمين نحـــو اليسار لتعويض النقص الحاصل في اليود وبذلك تنقص عدد مولات HI

سؤال (2-31) للتفاعل التالي

$$N_2O_{4(g)} \rightleftharpoons 2NO_{2(g)}$$

ثابت الاتزان Kc لهذا التفاعل = 6×10^{-3} عند درجة حرارة 298K ولكنه يساوي عند درجة حرارة 35C° = 1.5×10^{-2} هل تفكك غاز رابع اوكسيد ثنائي النتروجين باعث ام ماص؟

الحل/ نحول وحدات حرارة التفاعل الثاني الى وحدات الكلفن

T(K) = 35 + 273 = 308 K

التفاعل	الثابت	الحرارة
الاول	6×10^{-3}	298K
الثاني	1.5×10^{-2}	308K

وعليه نلاحظ انه عند ارتفاع درجة الحرارة ازدادت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو النواتج اي التفاعل ماص

سؤال (2-32) للتفاعل التالي

$$2SO_{3(g)} \rightleftharpoons 2SO_{2(g)} + O_{2(g)}$$

وجد ان خليط الاتزان بحرارة 25C يحتوي على $[SO_3]=0.002M$ و $[SO_2]=0.08M$ و $[O_2] = 0.01M$ وعند تبريد التفاعل الى 10C° وجد Kc =4 هل التفاعل باعث ام ماص.

الحل/ نجد Kc عند حرارة 25C°

$$Kc = \frac{[SO2]^2 x\,[O2]}{[SO3]^2}$$

$$Kc = \frac{(0.08]^2 x\,[0.01]}{[0.002]^2} = 16$$

التفاعل	الثابت	الحرارة
الاول	16	25 C°
الثاني	4	10K

وعليه نلاحظ انه عند خفض درجة الحرارة قلت قيمة ثابت الاتزان اي التفاعل اتجه نحو المتفاعلات اي التفاعل ماص.

للحفظ حقيقة وللوضوح اكثر لمعرفة التفاعل باعث او ماص
نعمل مقارنه بين الثابت والحرارة
اذا شفنا اثنينهن زادن او قلن التفاعل ماص
واذا وحدة قلت ووحدة زادت التفاعل باعث

حل المتبقي من اسئلة الفصل الثاني

س1 / املأ الفراغات التالية.

1- في التفاعل الاتي $N_{2(g)} + 3H_{2(g)} \rightleftharpoons 2NH_{3(g)} + 92KJ$ فان خفض درجة الحرارة يؤدي الى زيادة تركيز المواد **الناتجة**

2. اذا كانت قيمة ثابت الاتزان Kc لنظام متزن عند 500C° تساوي 2×10^{-15} وقيمته عند 200C° يساوي 2×10^{-12} ذلك يدل على ان التفاعل **باعث** للحرارة

فكرة عن نقطة2 الحرارة قلت الحرارة قيمة الثابت زادت التفاعل باعث

3- في التفاعل الاتي $Co_{(g)} + 2H_{2(g)} \rightleftharpoons CH_3OH + 127KJ$ عندما يضاف الهيدروجين الى هذا النظام فان حرارة التفاعل **ترتفع**.

فكرة عن نقطة 3(التفاعل باعث اضافة H_2 يتجه التفاعل نحو الأمامي الذي هو باعث واذا التفاعل اتجه نحو الباعث ترتفع الحرارة)

4- في التفاعلات الانعكاسية الباعثة للحرارة يزاح موضع الاتزان نحو تكوين المواد المتفاعلة في التفاعل عند **زيادة** درجة الحرارة

5- في التفاعل المتزن $2CO_{(g)} \rightleftharpoons CO_{2(g)} + C_{(s)}$ فأن **خفض** الضغط يزيد من استهلاك CO_2

فكرة عن نقطة 5(عبارة يزيد من استهلاك CO_2 يعني اتجاه التفاعل الحقيقي نحو النواتج التي مولاتها 2 بينما المتفاعلات 1 مول لان الكاربون لا يحسب كونه صلب وبذلك نحتاج الى خفض الضغط حتى يزداد الحجم ومنه يذهب نحو النواتج الأكبر عدد مولات)

6- في التفاعل المتزن الاتي $N_2 + O_2 + 180\ KJ \rightleftharpoons 2NO_2$ فان رفع درجة الحرارة لاناء التفاعل يعمل على **زيادة** قيمة Kc. (زيادة النواتج يعني زيادة قيمة Kc).

7- التغير **بالضغط** لا يؤثر على حالة الاتزان للتفاعل $N_2 + O_2 \rightleftharpoons 2NO_2$ (مولات النواتج = مولات المتفاعلات)

8- للتفاعل المتزن $Cl_{2(g)} + H_{2(g)} \rightleftharpoons 2HCl +$ طاقة يمكن زيادة تركيز HCl عند **خفض** الحرارة للتفاعل.

9- في التفاعل المتزن $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2$ وبحرارة معينة اذا كانت قيمة Kp للتفاعل = 3 والضغط الجزيئي لغاز NO_2 = 3atm فان الضغط الجزيئي لغاز N_2O_4 = 3atm.

الحل/ واجب

10- في تفاعل ما وجد ان قيمة Kc = 1×10^{28} يدل على ان موضع التفاعل في اتجاه تكوين النواتج. (كلما K_{eq} كبيرة تجاه النواتج صغيرة تجاه المتفاعلات).

11- عندما تكون Kp اصغر من Kc فأن مجموع عدد المولات المتفاعلة **أكبر** من عدد مولات الناتجة احفظ ضروري : Kp اكبر من Kc مولات الناتجة اكبر Kp اصغر من Kc مولات الناتجة اقل

12- اذا كان حاصل التفاعل عند نقطة معينة من التفاعل اصغر من ثابت الاتزان للتفاعل فان التفاعل يتجه نحو النواتج.

13- عند رفع الضغط الكلي على حالة اتزان لتفاعل فيه عدد مولات الغازات المتفاعلة أصغر من عدد مولات الناتجة فان التفاعل يتجه نحو المتفاعلة. (زيادة ضغط تقليل حجم فيذهب نحو الاصغر)

14- العلاقة بين ثابت الاتزان وتراكيز النواتج طردية.

15- عند خفض الضغط في تفاعل فيه ($\Delta ng = -1$) التفاعل ينزاح نحو المتفاعلات وثابت الاتزان لا يتأثر. (الاشارة السالبة يعني النواتج اقل بخفض الضغط الحجم يكبر فيذهب نحو المتفاعلات

16- تفاعل فيه $Kc = 4$ عند سحب النواتج من خليط الاتزان فان ثابت الاتزان لا يتأثر.

17- عندما $\Delta ng = 0$ لا يكون للضغط المسلط على التفاعل تأثير على حالة الاتزان.

18- يترجح التفاعل الخلفي لتفاعل متزن ماص عند تبريد اناء التفاعل

19- في التفاعلات الماصة تزداد تراكيز المواد الناتجة عند زيادة درجة الحرارة.

20- في تفاعل متزن وجد $Kc=\frac{Kp}{RT}$ مما يدل على مجموع عدد مولات المواد الغازية الناتجة اكبر من مجموع مولات المواد الغازية المتفاعلة .

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta n_g}$$

$$K_c = \frac{K_p}{RT} \text{ معطى } \rightarrow K_c = K_p(RT)^{-1}$$

$$-\Delta n_g = -1$$

$$\Delta n_g = 1$$

س2 / اختر الإجابة الصحيحة (مرشح هكذا نوع من الاسئلة).

1. ثابت الاتزان Kc للتفاعل المتزن الاتي $2SO_{2(g)} + O_{2(g)} \rightleftharpoons 2SO_{3(g)}$ عند حرارة 227C تبلغ 4.17×10^{-2} فان اتجاه التفاعل عند خلط 0.4M من SO_3 و 0.1M من O_2 و 0.02M من SO_3 تكون أ- باتجاه المواد المتفاعلة ب- باتجاه المواد الناتجة جـ- التفاعل في حالة اتزان

الجواب / يجب ايجاد Q من العلاقة التالية $Q=\frac{[SO3]^2}{[O2][SO2]^2}$

$$Q = \frac{[0.4]^2}{[0.1][0.02]^2} \Longrightarrow Q= \frac{0.16}{0.00004} \Longrightarrow Q= 4000$$

نلاحظ ان Q أكبر من Kc اذا التفاعل ينزاح باتجاه المواد المتفاعلة نقطة أ

2. التفاعل المتزن $CaO_{(s)} + CO_{2(g)} \rightleftharpoons CaCO_{3(s)}$ يتم في وعاء مغلق فان كمية $CaCO_3$ تزداد عندما

أ- تزال كمية من غاز CO_2 من التفاعل عند الاتزان.

ب- يزداد الضغط الكلي.

جـ- تضاف كمية من CaO الى خليط الاتزان.

د- كل الاجابات السابقة خطأ.

3. التفاعل المتزن $I_2 + F_2 \rightleftharpoons 2IF$ ثابت الاتزان Kc يساوي 1×10^6 بدرجة حرارة 2000K فاذا كان الضغط الجزيئي لغاز IF عند الاتزان = 0.2 atm و 4×10^{-3} لغاز F_2 فان الضغط الجزيئي لغاز I_2 =

أ- 5×10^4 atm ب- 1×10^{-5} جـ- 1×10^5 د- جميع الاجابات خطأ

الحل / بما ان $\Delta ng = 0$ فعليه يمكن القول Kp = Kc

$$K_P = \frac{P^2IF}{PI2 \times PF2} \Rightarrow PI_2 = \frac{P^2IF}{Kp \times PF2} \Rightarrow PI_2 = \frac{(0.2)^2}{10^6 \times 4 \times 10^{-3}} \Rightarrow PI_2 = \frac{4 \times 10^{-2}}{4 \times 10^3} = 1 \times 10^{-5}$$

4- اذا كانت قيمة Kc للتفاعل $Li_{(s)} + \frac{1}{2}I_{2(g)} \rightleftharpoons LiI_{(s)}$ عند 300K تساوي 640.3 فان قيمة Kc للتفاعل التالي $2LiI \rightleftharpoons 2Li + I_2$ عند درجة الحرارة نفسها

أ. 25.3 ب- 41×10^4 جـ- 15.6×10^5 د- كل الاجابات السابقة خاطئة

$$Kc_2 \left(\frac{1}{Kc1}\right)^2 = \left(\frac{1}{640.3}\right)^2 = \frac{1}{409984} = 2.4 \times 10^{-6}$$

وعليه الجواب سيكون فرع د

5- عند مزج محلول K_2CrO_4 مع محلول HCl فانه يصل الى حالة الاتزان حسب المعادلة

$$2CrO_4^{-2}{}_{(aq)} + 2H^+{}_{(aq)} \rightleftharpoons Cr_2O_7^{-2}{}_{(aq)} + H_2O_{(l)}$$

اصفر HCl برتقالي $K_2Cr_2O_7$

اذا أردنا نجعل اللون البرتقالي هو السائد في الاناء نقوم بما يلي

أ- نضيف مزيد من الماء ب- نضيف مزيد من HCl جـ- نضيف مزيد من $K_2Cr_2O_7$

همسة:- لجعل اللون البرتقالي هو السائد يجب ان يتجه التفاعل نحو النواتج ولذلك اخترنا اضافة HCl حيث سيتجه التفاعل نحو النواتج للتخلص من الفائض من HCl وبالتالي سيتجه التفاعل نحو النواتج وسيصبح اللون البرتقالي هو السائد.

6- عند أضافة محلول NaOH الى المحلول السابق (نقطة5) نتوقع ان يحدث ⟹

أ- زيادة بتركيز $Cr2O_7^{-2}$ ب- نقص بتركيز Cr_2O7^{-2} جـ- زيادة بتركيز الماء

همسة:- عند اضافة NaOH الى التفاعل سيقوم بسحب HCl وبالتالي سيحدث نقص في تراكيز المتفاعلات فيتجه التفاعل من النواتج نحو المتفاعلات وبالتالي يحدث نقص في تراكيز Cr_2O7^{-2}

7. للتفاعل المتزن الغازي $N_2 + 3H_2 \rightleftharpoons 2NH_3 + 92KJ$ قيمة K_P للتفاعل عند 25C° = 5.5×10^{-5} لذا فان قيمة Kc للتفاعل تساوي

أ- 22513.3 ب- 9×10^4 جـ- 0.03 د- جميع الاجابات السابقة خطأ

$$Kc = Kp(RT)^{-\Delta ng} = 5.5 \times 10^{-5} (0.082 \times 298)^{-(-2)} = 5.5 \times 10^{-5} \times 597.11 = 0.03$$

8- للتفاعل المتزن $Br_{2(g)} \rightleftharpoons 2Br_{(aq)}$ قيمة K_P عند الاتزان 2558.4 بدرجة حرارة 4000K وقيمة K_f للتفاعل بدلالة التراكيز المولارية تساوي 1.56 فان قيمة K_b =

أ. 0.2 ب- 20 جـ- 7.8 د- كل الاجابات السابقة خطا

$$K_c = K_p(RT)^{-\Delta ng} \Rightarrow K_c = 2558(0.082 \times 4000)^{-1} \Rightarrow Kc = \frac{2558.4}{328} = 7.8$$

$$Kc = \frac{Kf}{Kb} \Rightarrow K_b = \frac{Kf}{Kc} \Rightarrow Kb = \frac{1.56}{7.8} = 0.2$$

9. راجع الكتاب المنهجي والاجابة واجب على الطالب. -

س3/ علل ما يأتي (على الأغلب تعليل وزاري)

1- زيادة حجم الاناء لتفاعل غازي $\Delta ng_{(Reactants)} < \Delta ng_{Products}$ يؤدي الى خفض المنتوج.

الجواب/ وذلك لان التفاعل يتجه نحو المولات الأكبر والتي هي في هذا التفاعل مولات المواد المتفاعلة وبالتالي سيقل المنتوج.

2- في التفاعل المتزن طاقة + B $\rightleftharpoons$ A لا تتغير حرارة التفاعل عند زيادة الضغط الكلي.

الجواب/ وذلك لان عدد مولات المواد الناتجة وعدد مولات المواد المتفاعلة متساوي لذا لن يتأثر موضع الاتزان وبالتالي لن تتغير حرارة التفاعل لان كمية الحرارة المفقودة = كمية الحرارة المكتسبة.

3- قيمة ثابت الاتزان للتفاعلات غير الانعكاسية تكون كبيرة جدا.

الجواب / وذلك لان التفاعلات غير الانعكاسية يكون احد تراكيزها او جميعها للمواد المتفاعلة = صفر لانها تستهلك تماما لذا فالكمية الناتجة تكون كبيرة وبالتالي قيمة ثابت الاتزان كبيرة.

4- ترتفع درجة حرارة تفاعل ماص عندما Kc= 0.3 و Q= 1.

الجواب/ لان قيمة Q اكبر من قيمة Kc فالتفاعل سيتجه نحو المتفاعلات (الخلفي) وبما ان التفاعل ماص سترتفع درجة الحرارة

5- يعد التفاعل باعثا للحرارة اذا انخفضت قيمة Kc للتفاعل عند زيادة درجة الحرارة.

الجواب/ لانه كما هو معروف في التفاعلات الباعثة عند زيادة درجة الحرارة سيتجه التفاعل نحو المتفاعلات وبالتالي تقل قيمة ثابت الاتزان Kc

6- قيمة Kc ترتفع عند رفع درجة حرارة التفاعل في حالة التفاعلات الماصة للحرارة.

الجواب / لان في التفاعلات الماصة للحرارة عند زيادة درجة الحرارة يتجه التفاعل نحو الإمام اي تزداد تراكيز النواتج وتقل تراكيز المتفاعلات وان Kc تزداد بزيادة تركيز النواتج.

7- زيادة الضغط على خليط متوازن (Δng= 1) فان الاتزان يتجه باتجاه المتفاعلات.

ج/ Δng قيمتها موجبة يعني عدد مولات النواتج اكبر وعند زيادة الضغط يتجه نحو العدد الاقل اي نحو المواد المتفاعلة.

8- تتوقف بعض التفاعلات تماما بينما تظهر تفاعلات أخرى وكأنها متوقفة.

الجواب/ التفاعلات التي تتوقف هي تامة لانه يحدث استهلاك تام للمواد المتفاعلة جميعها او أحد منها اما التي تظهر وكأنها متوقفة فهي تفاعلات مستمرة باتجاهين وصلت الى حالة الاتزان وأصبحت التراكيز ثابتة.

9- في التفاعل المتزن Cl_2 + SO_2 $\rightleftharpoons$ طاقة + $SOCl_2$. ترتفع حرارة التفاعل عند إضافة SO_2 الى الخليط.

الجواب/ لانه باضافة SO_2 الى الخليط يتجه التفاعل الى الخلف وبما ان التفاعل ماص ترتفع درجة الحرارة

كنز الكيمياء

الاستاذ
مهند علي السوداني



2019

الفصل الثالث

الاتزان الايوني



المركز التسويقي
ملازم دار المغرب
07702729223


تابعونا على التلي كرام
@iQRES




ملازم
دار المغرب

الفصل الثالث الاتزان الايوني

جدول الحوامض والقواعد والأملاح

الحوامض القوية	الصيغة الكيميائية	الحوامض الضعيفة	الصيغة الكيميائية
حامض الكبريتيك	H_2SO_4	حامض الهيدروفلوريك	HF
حامض النتريك	HNO_3	حامض الهايدروسيانيك	HCN
حامض الهيدروكلوريك	HCl	حامض الكاربونيك	H_2CO_3
حامض الهيدروبروميك	HBr	حامض الفسفوريك	H_3PO_4
حامض الهيدرويوديك	HI	حامض الخليك	CH_3COOH
حامض البيركلوريك	$HClO_4$	حامض البنزويك	C_6H_5COOH
حامض الكروميك	H_2CrO_4	حامض النتروز	HNO_2
حامض فوق المنغنيك	$HMnO_4$	8- حامض الفورميك	HCOOH
		9- حامض الكبريتوز	H_2SO_3
		10- حامض الفينول	C_6H_5OH
القواعد القوية	**الصيغة الكيميائية**	**القواعد الضعيفة**	**الصيغة الكيميائية**
هيدروكسيد الكالسيوم	$Ca(OH)_2$	الامونيا	NH_3
هيدروكسيد الصوديوم	NaOH	الانيلين	$C_6H_5NH_2$
هيدروكسيد الباريوم	$Ba(OH)_2$	البيريدين	C_5H_5N
هيدروكسيد البوتاسيوم	KOH	مثيل امين	CH_3NH_2
هيدروكسيد الليثيوم	LiOH	هيدروكسيد الفضة	AgOH
هيدروكسيد الروبيديوم	RbOH		
هيدروكسيد المغنسيوم	$Mg(OH)_2$		

ملاحظات

1- الحوامض القوية هي ثمانية حوامض كما هو واضح يمكن حفظها واعتبار باقي الحوامض ضعيفة هذه الحوامض تتفكك بشكل تام لذا ليس لها ثابت اتزان لذا اي حامض يعطى له ثابت اتزان في المواضيع القادمة هو حامض ضعيف (K_a) هو ثابت الحوامض.

2- نفس الأمر ينطبق على القواعد القوية اي القواعد القوية ليس لها ثابت اتزان لانها تتفكك بشكل تام او بالأحرى لا يمكن قياس K_b لها كما يمكن ملاحظة ان اغلب القواعد القوية تنتهي ب (OH) عدا هيدروكسيد الفضة.

3- لاحظ هناك حوامض ضعيفة تم تأشيرها تنتهي ب (OH) هي حوامض عضوية وليست قواعد كما انها حوامض أحادية البروتون.

4- اغلب هذه الحوامض والقواعد حينما تتأين بالماء ليس شرط كتابة الماء في المعادلة مباشرة تكتب عملية التحلل عدا القواعد الضعيفة يكتب الماء في المعادلة لإظهار ايون الهيدروكسيد.

5- هناك أملاح كثيرة ذوبان واملاح شحيحة الذوبان واعدادها كثيرة والنوعين من ضمن منهاج الدراسة كيف نفرق؛ للأملاح الشحيحة الذوبان ثابت يدعى ثابت حاصل الاتزان K_{sp} حينما يعطى في السؤال او يطلب (مجهول) فالملح شحيح الذوبان.

1) الحامض الضعيف

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$K_a = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك الحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]}$

٪لتفكك للحامض = $\frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للحامض}]} \times 100$ ٪

او ٪لتفكك للحامض = درجة التفكك × 100%

$PKa = -\log Ka$ $\qquad Ka = 10^{-Pka}$

$PH = -\log[H^+]$ $\qquad [H^+] = 10^{-PH}$

2) القاعدة الضعيفة

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]_{\text{متبقي}}}$$

درجة تفكك القاعدة = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]}$

٪لتفكك للقاعدة = $\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{الابتدائي للقاعدة}]} \times 100$ ٪

او ٪لتفكك للقاعدة = درجة التفكك × 100%

$PK_b = -\log K_b$ $\qquad K_b = 10^{-Pkb}$

$POH = -\log[OH^-]$ $\qquad [OH^-] = 10^{-POH}$

3) محلول ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف

$$K_h = \frac{Kw}{Ka}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{K_w \, X \, C}{Ka}} \qquad [H^+] = \sqrt{\frac{Ka \times Kw}{C}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PKw + PK_a + \log C]$$

4) محلول ملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيف

$$K_h = \frac{Kw}{Kb}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{K_w \, X \, C}{Kb}}$$

$$PH = \frac{1}{2}[PKw - PK_b - \log C]$$

5) محلول بفر لمزيج مكون من حامض ضعيف وملحه.

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]}{[acid]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]-[H+]}{[acid]+[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]+[OH-]}{[acid]-[OH-]}$$

6) محلول بفر لمزيج مكون من قاعدة ضعيفة وملحها.

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]}{[base]}$$

وعند اضافة حامض قوي اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]+[H+]}{[base]-[H+]}$$

وعند اضافة قاعدة قوية اليه يصبح

$$POH = PK_b + \log\frac{[Salt]-[OH-]}{[base]+[OH-]}$$

7) الذوبانية (S)

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^+ + B^-$$

$$K_{SP} = [A^+][B^-]$$

$$S(mol/L) = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

8) ثابت التأين للماء

$$PH + POH = 14$$

$$Kw = 1 \times 10^{-14} = [H^+][OH^-]$$

9) قوانين اخرى سابقة مهمة للفصل

قانون التخفيف

$$M_1V_1 = M_2V_2$$

(قبل الاضافة — بعد الاضافة)

قانون المولارية

$$M = \frac{m}{M \times V_{(L)}}$$

ومنه القانون المهم جدا جدا التالي

$$m = M \times M \times V_{(L)}$$

3-1مقدمة : اغلب التفاعلات تجري في المحاليل لذلك تعتبر المحاليل مهمة جدا في الكيمياء وان اغلب المحاليل تحضر باستعمال الماء او المذيبات العضوية لكن ما سيعتمد عليه هو المحاليل المائية.

3-2 المواد الالكتروليتية والمواد غير الالكتروليتية

المحلول المائي :- هو مزيج متجانس من ذوبان المذاب في المذيب(الماء).

وصنفت المحاليل على هذا الاساس الى صنفين

1- **الالكتروليتات:**- هي المواد التي يمكن لمحاليلها المائية القابلية علـــى **التوصيل الكهربائي** مثل كلوريد الصوديوم.

2- **المواد غير الالكتروليتية**:- هي المواد التي تكون لمحاليلها المائية **عدم القابلية على التوصيل الكهربائي** مثل السكروز.

س/ ما هي المميزات او الصفات العامة للالكتروليتات؟

1) قابلية محاليلها على التوصيل الكهربائي سواء كانت منصهرة او على شكل محلول.

2) تكون محصلة الشحنة لمحاليلها = صفر اي انها متعادلة.

3) عند ذوبانها في الماء محلولها يتضمن ايونات موجبة وسالبة.

4) تعتمد قابليتها للتوصيل الكهربائي على طبيعة الايونات المكونة وعلى تركيز الايونات ودرجة الحرارة.

- **تصنف الالكتروليتات الى صنفين**

1- **الالكتروليتات القوية**: وهي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل عالية التوصيل الكهربائي علل (وذلك بسبب تفككها التام في محاليلها المائية).ومن الامثلة عليه حامض HCl و NaCl و NaOH

عملية تفكك هذه الالكتروليتات يمكن تمثيلها بالمعادلات التالية

$$HCl \longrightarrow H^{+} + Cl^{-}$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

لاحظ المعادلة من سهم باتجاه واحد اي تفكك تام.

$$NaOH \longrightarrow Na^{+} + OH^{-}$$

$$KNO_3 \longrightarrow K^{+} + NO_3^{-}$$

بشكل عام هناك 3 فئات من الالكتروليتات القوية.

1. الحوامض القوية 2- القواعد القوية 3- معظم الاملاح الذائبة في الماء

س / كيف تحسب تراكيز الايونات في محاليل الالكتروليتات القوية؟

ج / تحسب مباشرة من تراكيز الالكتروليتات القوية كما في الامثلة ادناه.

مثال (1-3) احسب التراكيز المولارية لايون Ba^{+2} وايون OH^- في محلول 0.03M هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$.

$$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^{+2}_{(aq)} + 2OH^-_{(aq)}$$

$Ba(OH)_2$	$Ba^{+2}_{(aq)}$	$2OH^-_{(aq)}$
0.03	0	0
0	0.03	0.06

وعليه تركيز [Ba^{+2}] في المحلول = 0.03M

تركيز [-OH] في المحلول = 0.06M

تمرين (1-3) احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.25M من HBr 2) 0.055M من KOH 3) 0.155 من $CaCl_2$

الحـــــلول)

1) $HBr \longrightarrow H^+ + Br^-$

HBr	H^+	Br^-
0.25	0	0
0	0.25	0.25

2) $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

KOH	K^+	OH^-
0.055	0	0
0	0.055	0.055

3) $CaCl_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2Cl^-$

$CaCl_2$	Ca^{+2}	$2Cl^-$
0.155	0	0
0	0.155	0.31

مثال اضافي1 احسب تراكيز الاصناف الايونية في محاليل المركبات التالية حسب التراكيز المشار اليها 1) 0.33M من H_2CrO_4 2) 0.05M من $Ca(OH)_2$

الحـــــلول)

1) $H_2CrO_4 \longrightarrow 2H^+ + CrO_4^{-2}$

H_2CrO_4	$2H^+$	CrO_4^{-2}
0.33	0	0
0	0.66	0.33

2) $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{+2} + 2OH^-$

$Ca(OH)_2$	Ca^{+2}	$2OH^-$
0.05	0	0
0	0.05	0.1

2ـ **الالكتروليتات الضعيفة** : هي الالكتروليتات التي ينتج عند ذوبانها في الماء محاليل ضعيفة التوصيل الكهربائي علل(لكونها تتأين بشكل محدود في الماء) ومن الامثلة عليها حامض الخليكCH_3COOH والامونيا NH_3 واملاح شحيحة الذوبان مثل $AgCl$.

$$CH_3COOH_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CH_3COO^-_{(aq)}$$

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$HCN_{(aq)} \rightleftharpoons H^+_{(aq)} + CN^-_{(aq)}$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^+_{(aq)} + Cl^-_{(aq)}$$

لاحظ: عند ثبوت درجة الحرارة تتفكك جزيئات حامض الخليك الضعيف في محلوله المائي لينتج عنه ايونات الهيدروجين H^+وايونات الخلات CH_3COO^- وفي نفس الوقت تتحد هذه الايونات مع بعضها لتكوين حامض الخليك (تفاعل خلفي) وعند الوصول الى حالة اتزان سيصبح له ثابت اتزان يعبر عن تراكيز المحاليل .

$$K_c = \frac{[H^+][CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

مثال (3-2) اكتب التعبير الرياضي لحساب قيمة Kc لمحلول الامونيا المخفف.

للاطلاع

الجواب / نكتب معادلة تفكك الامونيا

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$K_{eq} = \frac{[NH_4{}^+][OH^-]}{[NH_3][H_2O]}$$

بما ان المذيب هو الماء الذي له قيمة ثابتة هي 55.55 M تم استنتاجها بالصورة التالية

$$\rho\ H_2O = 1\ Kg / L = 1000g / L$$

$$M\ (H_2O) = (1 \times 2) + (16 \times 1) = 18\ g / mol$$

$$M = \frac{m(g)}{M\ (g/moL) \times V(L)} = \frac{1000(g)}{18\ (g/moL) \times 1(L)} = 55.55\ M$$ حفظ

يدمج هذا الثابت مع K_{eq} لينتج K_C وعلية سيكون ثابت الامونيا كالاتي

$$K_C = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

وعليه يجب الانتباه عندما يكون الماء هو المذيب عند التعبير عن قيم KC لن نكتب قيمة [H2O] في قانون ثابت الاتزان لانها قيمة ثابتة دخلت مع قيمة ثابت الاتزان.

3-3 تفكك الالكتروليتات الضعيفة.

كما مر سابقا فان تعريف الحامض والقاعدة حسب نظرية برونشتد يكون كالاتي:-

الحامض :- هي المادة التي لها القابلية على فقدان بروتون لتكوين قاعدة قرينة.

حامض ⇌ قاعدة قرينة + بروتون

القاعدة :- هي المادة التي لها القابلية على اكتساب بروتون لتكوين حامض قرين.

بروتون + قاعدة ⇌ حامض قرين

الحوامض الضعيفة:- تعد الكتروليتات ضعيفة لان عملية تفككها في الوسط المائي تخضع الى حالة اتزان بين الجزيئات غير المتفككة والايونات الناتجة يمكن التعبير عنها بواسطة ثابت الاتزان.

المعادلة العامة لتفكك الحوامض الضعيفة

$$HA + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + A^-$$

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

وعليه علاقة ثابت الاتزان ستكون بالصور التالية

ليس هناك فرق بين H_3O^+ و H^+

$$Ka = \frac{[H_3O^+][A^-]}{[HA]}$$

$$Ka = \frac{[H^+][A^-]}{[HA]}$$

هذه من سيعتمد عليها

Ka (a من acid وتعني حامض) وهي تمثل ثابت تفكك الحامض او ثابت التأين للحامض الضعيف.

ملاحظات حسابية لمسائل الحوامض الضعيفة والقواعد الضعيفة.

1. نكتب معادلة تفكك الحامض القوي او القاعدة الضعيفة

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \qquad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

2. نكتب الفرضية من حقلين فقط حيث تمثل X تركيز ايونات [H+] للحامض و [OH⁻] للقاعدة.

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^- \qquad B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

HA	H^+	A^-		B	BH^+	OH^-
M	0	0		M	0	0
M - X	X	X		M – X	X	X

يهمل

3. يستعمل اسلوب التقريب وذلك باهمال قيمة X المطروحة بالحالات التالية.
   - أ- اذا كانت قيمة K_a او K_b = 10^{-5} , 10^{-6} ـــــ الخ.
   - ب- درجة التفكك او التأين = 0.05 فما تحت   جـ- النسبة المئوية للتأين = 5٪ فما تحت.
4. تستخدم طريقة الدستور في حالة عدم اهمال قيمة X. (لن نستخدمها في المنهاج)
5. درجة التفكك = (تركيز الجزء المتأين) / التركيز الابتدائي للمادة
6. النسبة المئوية للتفكك = (تركيز الجزء المتأين) / التركيز الابتدائي للمادة X 100٪ ⟸ وعليه النسبة المئوية للتفكك = درجة التفكك x 100٪
7. سير اتجاه التفاعل دائما امامي.

ايضا احفظ قانون التخفيف وهو عدد مرات التخفيف = $\frac{M1}{M2}$ ⟸ $M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}}$

مثال 3-3 أحسب تركيز ايون الهيدروجين المائي في 0.1M في محلول مائي لحامض الخليك ودرجة التأين والنسبة المئوية لتفكك الحامض علما ان Ka للحامض = 1.8×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.34$

الحل /

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$Ka = \frac{[H^+][CH3COO^-]}{[CH3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$X^2 = 1.8 \times 10^{-6}$ نأخذ الجذر التربيعي

$X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$

2) درجة التفكك = $\frac{[H+]\text{عند الاتزان}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]}$

$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} = 1.3 \times 10^{-2}$

3) النسبة المئوية للتفكك = $\frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} \times 100\%$

$= \frac{1.3 \times 10^{-3}}{0.1} \times 100\ \% = 1.3\ \%$

حل اخر للنسبة المئوية = درجة التفكك $\times 100\ \% = 1.3 \times 10^{-2} \times 100\% = 1.3\%$

تمرين (2-3) احسب تركيز ايون الهيدروجين المائي لحامض الهيدروسيانيك HCN تركيزه 0.2M و Ka له = 4.9×10^{-10} ؟

الحل/

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN^-$$

HCN	H^+	CN^-
0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$4.9 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ يهمل — يعتبر 1

$X^2 = 0.98 \times 10^{-10}$ بالجذر

$X = 1 \times 10^{-5}\ M = [H^+]$

مثال (3-4) احسب درجة التفكك والنسبة المئوية للتأين لحامض HF ($Ka = 6.8 \times 10^{-4}$) في محلولهما المائي بتركيز أ) 0.1M ب) 0.01M

الحل / نلاحظ ان ثابت التفكك اكبر من 10^{-5} لذا نستخدم طريقة الدستور

أ)

$$HF \rightleftharpoons H^+ + F^-$$

	HF	H^+	F^-
	0.1	0	0
	0.1 – X	X	X

$$Ka = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]}$$

$$6.8 \times 10^{-4} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$

$$X^2 = (6.8 \times 10^{-5}) - (6.8 \times 10^{-4} X)$$

$$X^2 + (6.8 \times 10^{-4} X) - (6.8 \times 10^{-5}) = 0$$

نستعمل طريقة الدستور

$$\frac{-b \pm \sqrt{b^2-4ac}}{2a}$$

وبتعويض الارقام نحصل على قيمة $X = 7.91 \times 10^{-3}$ M وهي قيمة تركيز [H^+] وعليه

درجة التفكك = $\frac{[H+]}{[\text{التركيز الابتدائي}]} = \frac{7.91 \times 10^{-3}}{0.1} = 7.91 \times 10^{-2}$

النسبة المئوية = درجة التفكك × 100 ٪ = 7.91×10^{-2} × 100% = 7.91٪

ب) نفس الخطوات النواتج ستكون كالاتي $[H^+] = 2.29 \times 10^{-3}$ M

درجة التفكك = 0.229 النسبة المئوية = 22.9 %

تمرين 3-3 أحسب تركيز $[H^+]$ المائي لمحلول الفينول C_6H_5OH $Ka = 1.3 \times 10^{-10}$ الذي تركيزه أ) 0.2M ب) بعد تخفيفه لمئة مرة للفائدة $\sqrt{26} = 5.1$.

أ) 0.2M

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

C_6H_5OH	$C_6H_5O^-$	H^+
0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.26 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-12}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-6} M = [H^+]$$

ب) بعد التخفيف 100 مرة

عدد مرات التخفيف = $\frac{M1}{M2}$

$$\Longrightarrow M_2 = \frac{M1}{\text{عدد مرات التخفيف}} = \frac{0.2}{100} = 0.002$$

$$C_6H_5OH \rightleftharpoons C_6H_5O^- + H^+$$

C_6H_5OH	$C_6H_5O^-$	H^+
0.002	0	0
0.002 – X	X	X

$$K_a = \frac{[H^+][C6H5O^-]}{[C6H5OH]}$$

$$1.3 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.002-X}$$ ← يهمل

$$X^2 = 0.0026 \times 10^{-10}$$

$$X^2 = 26 \times 10^{-14}$$

$$X = 5.1 \times 10^{-7} M = [H^+]$$

ملاحظات عن التخفيف

لو نلاحظ في المثاليين السابقين انه حينما خففنا التركيز 100 مرة قل تركيز ايون الهيدروجين بمقدار 10 مرات لكن درجة التفكك لو طبقنا قانونها في الحالتين ستزداد 10 مرات .

علل/ بتخفيف التركيز تزداد درجة التفكك؟

لان عملية التخفيف تؤدي الى زيادة تفكك المذاب و نقصان في كمية الجزء غير المتفكك .

الحوامض الضعيفة احادية البروتون والمتعددة البروتون.

حوامض احادية البروتون : - هي الحوامض التي تمتلك ذرة هيدروجين واحدة قابلة للتأين ويكون لها ثابت تفكك واحد مثل حامض الخليك CH_3COOH – الهيدروفلوريك HF.

حوامض متعددة البروتون : - هي الحوامض التي تمتلك اكثر من ذرة هيدروجين قابلة للتأين ويكون لها اكثر من ثابت تفكك بمقدار عدد البروتونات التي تمتلكها مثل حامض الاوكزاليك $H_2C_2O_4$ – حامض الفسفوريك H_3PO_4.

لاحظ تفكك حامض الاوكزاليك

$$H_2C_2O_4 \rightleftharpoons H^+ + HC_2O_4^- \qquad Ka = 5.37 \times 10^{-2}$$

$$HC_2O_4^- \rightleftharpoons H^+ + C_2O_4^{-2} \qquad Ka = 5.10 \times 10^{-5}$$

هذه الارقام ليست للحفظ

اما لحامض الفسفوريك H_3PO_4 ثلاثة تفاعلات تفكك

$$H_3PO_4 \rightleftharpoons H^+ + H_2PO_4^- \qquad Ka = 7.11 \times 10^{-3}$$

$$H_2PO_4^- \rightleftharpoons H^+ + HPO_4^{-2} \qquad Ka = 6.23 \times 10^{-8}$$

$$HPO_4^{-2} \rightleftharpoons H^+ + PO_4^{-3} \qquad Ka = 4.80 \times 10^{-13}$$

هذه الارقام ليست للحفظ

نلاحظ في المعادلات اعلاه ان $Ka_3 < Ka_2 < Ka_1$ (لماذا)

(السبب في ذلك ان الاصناف التي تحمل شحنة سالبة تنقص قابليتها على فقدان بروتون موجب الشحنة بسبب أزدياد التجاذب الالكتروستاتيكي بين ايونات ذرات الشحنات المختلفة)

س/ أكتب معادلات تأين حامض الكبريتوز H_2SO_3 وبين اي خطوة لها ثابت تفكك اكبر ولماذا؟

....

....

....

....

....

....

....

القواعد الضعيفة:- وتعرف حسب مفهوم برونشتد على انها التي لها القابلية على اكتساب البروتونات ولها ثابت تفكك K_b

أشهر القواعد الضعيفة

1. الامونيا NH_3
2. الانيلين $C_6H_5NH_2$ او C_6H_7N
3. البريدين C_5H_5N
4. مثيل امين CH_3NH_2

حفظ صيغة وأسم

يعبر عن الاتزان الايوني في هذه المعادلات بكتابة H_2O في المعادلة لإظهار $[OH^-]$ في النواتج.

والمعادلة العامة هي

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

ذرة هيدروجين واحدة فقط تنتقل.

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

س/ أكتب معادلات تفكك القواعد الاربعة اعلاه

$$NH_{3(g)} + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons NH_4^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$C_6H_5NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_6H_5NH_3^+{}_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$C_5H_5N + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons C_5H_5NH^+_{(aq)} + OH^-_{(aq)}$$

$$CH_3NH_2 + H_2O_{(l)} \rightleftharpoons$$

مثال 3-5 احسب تركيز $[OH^-]$ ودرجة التأين والنسبة المئوية للمحلول المائي للأمونيا الذي تركيزه = 0.2 علما K_b للامونيا = 1.8×10^{-5}

للفائدة $\sqrt{3.6} = 1.9$

الحل/

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.2	0	0
0.2 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.2-X}$$

يهمل بالجذر التربيعي

$X^2 = 0.36 \times 10^{-5} = 3.6 \times 10^{-6}$

$X = 1.9 \times 10^{-3}$ M = $[OH^-]$

درجة التأين = $\frac{[OH^-]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

درجة التأين = $\frac{1.9 \times 10^{-3}}{0.2} = 9.5 \times 10^{-3}$

النسبة المئوية للتأين = درجة التفكك $\times 100$٪

النسبة المئوية للتأين = $10^{-3} \times 9.5 \times 100$ = 0.95%

تمرين 3-4 أحسب درجة التأين للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N $K_b = 3.8 \times 10^{-10}$ وتركيزه = 0.1M

للفائدة $\sqrt{38} = 6.2$

الحل/

$$C_6H_7N + H_2O \rightleftharpoons C_6H_7NH^+ + OH^-$$

C_6H_7N	$C_6H_7NH^+$	OH^-
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[C_6H_7NH^+][OH^-]}{[C6H7N]}$$

$$3.8 \times 10^{-10} = \frac{[X^2]}{0.1-X}$$

يهمل بالجذر التربيعي

$X^2 = 3.8 \times 10^{-11} = 38 \times 10^{-12}$

$X = 6.2 \times 10^{-6}$ M = $[OH^-]$

درجة التأين = $\frac{[OH^-]}{[\text{التركيز الابتدائي}]}$

درجة التأين = $\frac{6.2 \times 10^{-6}}{0.1} = 6.2 \times 10^{-5}$

أسئلة الفصل الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

سؤال 3–10 اذا علمت ان Ka لحامض البروبانويك $C_2H_5COOH = 1.3 \times 10^{-5}$ ما هي النسبة المئوية لتفكك الحامض المائي ذو التركيز 0.65M؟ للفائدة $\sqrt{8.45} = 2.9$

الحل/

$$C_2H_5COOH \rightleftharpoons C_2H_5COO^- + H^+$$

0.65	0	0
0.65 – X	X	X

$$Ka = \frac{[H^+][C2H5COO^-]}{[C2H5COOH]}$$

$$1.3 \times 10^{-5} = \frac{[X^2]}{0.65-X}$$

$$X^2 = 0.845 \times 10^{-5} = 8.45 \times 10^{-6}\ M$$

$$X = 2.9 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

النسبة المئوية للتأين = $\frac{[H^+]}{[\text{الابتدائي}]} \times 100$ ٪

$= \frac{2.9 \times 10^{-3}}{0.65} \times 100 = 0.45$ ٪

في حالة اذا كان الثابت مجهول او التركيز الابتدائي للالكتروليت الضعيف ويمكن الوصول الى تراكيز H^+ او OH^- يمكن تطبيق القوانين التاليه مباشرة دون كتابه معادلة التأين

أ ـ للحوامض الضعيفة

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز الحامض الابتدائي

ب ـ للقواعد الضعيفة

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{Y}$$

حيث Y تركيز القاعدة الابتدائى

سؤال 3-17 يتأين حامض الخليك CH_3COOH في محلوله المائي ذو التركيز 0.01M بمقدار 4.2% أحسب ثابت تأين الحامض؟

الحل/

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

Y = تركيز الحامض الابتدائي 0.01 M

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]} \times 100\%$$

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{[0.01]} = \%4.2$$

$$[H^+] = \frac{4.2 \times 0.01}{100} = 4.2 \times 10^{-4} M$$

$$K_a = \frac{(4.2 \times 10^{-4})^2}{[0.01]}$$

$$K_a = \frac{17.64 \times 10^{-8}}{[10^{-2}]} = 17.64 \times 10^{-6} = 1.76 \times 10^{-5}$$

سؤال 3-26 أذا علمت ان درجة التفكك المئوية 0.1M من حامض HCN = 0.01% كم هو ثابت تأين هذا الحامض؟

الحل/

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

Y = تركيز الحامض الابتدائي 0. 1 M

$$\text{النسبة المئوية للتأين} = \frac{[H^+]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{التركيز الابتدائي للحامض}]} \times 100\%$$

$$\%100 \times \frac{[H^+]}{[0.1]} = \%0.01$$

$$[H^+] = \frac{0.01 \times 0.1}{100} = 10^{-5} M$$

$$K_a = \frac{(10^{-5})^2}{[0.1]}$$

$$K_a = \frac{10^{-10}}{[10^{-1}]} = 10^{-9}$$

الاثرائيات الخاصة لتفكك الحامض الضعيف والقاعدة الضعيفة

مثال اضافي 1 تتأين الامونيا NH_3 في محلولها المائي ذو التركيز 0.2M بدرجة تفكك مقدارها 0.01 احسب ثابت تأين الامونيا

الحل/

$$K_b = \frac{[OH^-]^2}{Y}$$

Y = تركيز الامونيا الابتدائي 0. 2M

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[\text{التركيز الابتدائي للقاعدة}]}$$

$$\frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{0.2} = 0.01$$

$$[OH^-] = 0.002 = 2 \times 10^{-3}$$

$$K_a = \frac{(2 \times 10^{-3})^2}{[0.2]}$$

$$K_a = \frac{4 \times 10^{-6}}{[2 \times 10^{-1}]} = 2 \times 10^{-5}$$

مثال اضافي 2 اذا كانت درجة التفكك للمحلول المائي للانيلين C_6H_7N = 2.76×10^{-5} وتركيزها الابتدائي 0.5 M

جد 1) ثابت التأين للانيلين

2) النسبة المئوية لمحلولها المائي.

الحل/ واجب الناتج سيكون 1) 3.8×10^{-10}

2) النسبة المئوية سيكون الناتج 2.76×10^{-3}

....

3-4 التأين الذاتي للماء

هو تفاعل كيميائي يتم فيه انتقال البروتون من جزئ ماء الى جزئ اخر لتكوين ايون الهيدرونيوم H_3O^+ و OH^-.

البرتنة : عملية انتقال البروتون من جزيئة ماء الى جزيئة ماء اخرى بصورة تلقائية وهي مسؤولة عن الصفة الامفوتيرية للماء.

$$H_2O + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

ويمكن كتابة المعادلة بصورة أبسط $H_2O \rightleftharpoons H^+ + OH^-$

وعليه

$$K_w = [H^+][OH^-]$$

لاحظ ان تركيز الماء لم يكتب ايضا في المقام كون ان تركيز الماء قيمة ثابتة قد دخل مع ثابت K_w

بصورة عامة عملية تكوين +H مصاحبة دائما لعملية تكوين -OH

وعليه تركيز H^+ دائما مساوي لتركيز OH^- في جزيئات الماء مما يجعل الماء محلولا متعادلا وقد اثبت الدراسات الحديثة التي أجريت على الماء ان تركيز $[H^+]$ في جزيئاته = 1×10^{-7} وكذلك تركيز $[OH^-]$

وعـــلـــيـــه

$$K_w = (10^{-7})^2 = 10^{-14}$$

ركز هنا : ـ كما ذكرنا ان الماء محلول متعادل ليس حامضي او قاعدي لذا اذا اضفنا اليه حامض يؤدي ذلك الى زيادة تركيز ايونات H^+ وحسب قاعدة لي شاتليه سيقلل هذا من تركيز ايونات OH^- للمحافظة على كمية Kw ثابتة والعكس صحيح. وخلاصة القول تكمن في التعابير ادناه.

$[H^+] < [OH^-]$ **المحلول قاعدي.**

$[OH^-] < [H^+]$ **المحلول حامضي.**

ملاحظات حسابية عن التأين الذاتي للماء

1ـ أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول حامضي نقوم بالآتي

أـ نستخرج تركيز H^+ من تركيز الحامض كما تعلمنا من طرق حساب تركيز H^+ للحامض الضعيف او القوي.

بـ نستخرج OH^- من العلاقة التالية $Kw = [H^+][OH^-]$ ومن العلاقة

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]} = \frac{10^{-14}}{[H^+]}$$

2ـ أذا اراد حساب H^+ و OH^- لمحلول قاعدي نقوم بالآتي

أـ نستخرج تركيز OH^- من تركيز القاعدة القوية او الضعيفة

بـ نستخرج H^+ من العلاقة التالية $Kw = [H+][OH-]$ ومن العلاقة

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]} = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$$

3ـ أذا اراد حساب H^+ من OH^- او بالعكس من العلاقة مباشرة $K_w = [H^+][OH^-]$

مثال 3-6 أحسب تراكيز H^+ و OH^- في $0.05\ M$ من حامض النتريك HNO_3 ؟

الحل /

$$HNO_3 \rightleftharpoons H^+ + NO_3^-$$

HNO_3	H^+	NO_3^-
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$[H^+] = 0.05 = 5 \times 10^{-2}\ M$

لأستخراج تركيز $[OH^-]$ نستخدم العلاقة أدناه

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[OH^-] = \frac{Kw}{[H^+]}$$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[5 \times 10^{-2}]}$$

$$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[5 \times 10^{-2}]} = 2 \times 10^{-13}\ M$$

تمرين 3-5 احسب تراكيز ايونات H^+ المائية في محلول يحتوي ايونات OH^- المائية بتراكيز

أ) $0.01M$

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[1 \times 10^{-2}]} = 1 \times 10^{-12}\ M$$

ب) $5 \times 10^{-6} M$

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[5 \times 10^{-6}]}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[5 \times 10^{-6}]} = 2 \times 10^{-9}\ M$$

مثال اضافي3 احسب تراكيز H^+ و OH^- في $0.03M$ محلول قاعدة ضعيفة B علما ان ثابت تفكك القاعدة الضعيفة = 1.2×10^{-9}

الحل /

$$B + H_2O \rightleftharpoons BH^+ + OH^-$$

B	BH^+	OH^-
0.03	0	0
0.03 – X	X	X

$$K_b = \frac{[BH^+][OH^-]}{[B]}$$

$$1.2 \times 10^{-9} = \frac{[X^2]}{0.03 - X}$$ ← يهمل

$X^2 = 0.036 \times 10^{-9}$

$X^2 = 36 \times 10^{-12}$ بالجذر التربيعي

$X = 6 \times 10^{-6}\ M = [OH^-]$

$$Kw = [H^+][OH^-]$$

$$[H^+] = \frac{Kw}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[6 \times 10^{-6}]}$$

$$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{[6 \times 10^{-6}]} = 1.66 \times 10^{-9}\ M$$

مثال اضافي4 احسب تراكيز H^+ و OH^- ودرجة التأين والنسبة المئوية للتأين في 0.4M محلول حامض ضعيف HA علما ان ثابت تفكك الحامض الضعيف = 1.6×10^{-6}

الحـــــل /واجب وللتأكد من صحة حلولك النواتج ستكون كالاتي.

$[OH^-] = 1.25 \times 10^{-11}$ $[H^+] = 8 \times 10^{-4}$ درجة التأين= 2×10^{-3} النسبة المئوية للتأين= 2×10^{-1}

مثال اضافي5 يتأين حامض الخليك CH_3COOH في محلوله المائي ذو التركيز 0.25M بمقدار 4% أحسب تركيز OH^- الحامض؟

الحـــــل /واجب وللتأكد من صحة حلك $[OH^-] = 1 \times 10^{-12}$

حسابات في اللوغاريتم قبل الدخول الى موضوع الأس الهيدروجيني PH

1- اللوغاريتم المستخدم في هذا الفصل اللوغاريتم الاعتيادي العشري ويعرف بالصورة التالية.

$$\text{Log } Y = X \longrightarrow Y = 10^{X}$$

$$\text{Log } 10^{Y} = Y$$

2- لاحظ القوانين التي تنطبق على اللوغاريتم

a) $\text{Log } Z \times Y = \text{Log } Z + \text{Log } Y$

مثال1/ جد قيمة $\text{Log } 5 \times 6$ علما ان $\text{Log } 5 = 0.7$ و $\text{Log}6=0.78$

$$\text{Log } 5 \times 6 = \text{Log } 5 + \text{Log } 6 = 0.7 + 0.78 = 1.48$$

مثال2 / جد قيمة لوغاريتم 7×10^{-3} علما ان لوغاريتم 7 = 0.845

$$\text{Log } 7 \times 10^{-3} = \text{Log } 7 + \text{Log}10^{-3} = 0.845 - 3 = -2.155$$

b) $\text{Log } \frac{Z}{Y} = \text{Log } Z - \text{Log } Y$

مثال 3/جد قيمة $\text{Log } \frac{1.8}{1.2}$ علما أن $\text{Log}3 = 0.477$ $\text{Log}2 = 0.3$

$$\text{Log } \frac{1.8}{1.2} = \text{Log } \frac{18}{12} = \text{Log } \frac{3}{2} = \text{Log}3 - \text{Log}2 = 0.477 - 0.300 = 0.177$$

3- لاحظ كيفية ايجاد عدد اساسه 10 وفيه أس سالب

$$X = 10^{-2.32}$$

نضيف للاس 3+ و3- لماذا لان العدد الاولي 2 يعني لو كان مثلا 3.7 نضيف4+ و4- سيصبح بالصورة التالية

$$X = 10^{-2.32 + 3 - 3} \longrightarrow X = 10^{0.68 - 3} \longrightarrow X = 4.8 \times 10^{-3}$$

ملاحظة : سيزودك بهذه المعلومة في السؤال $\text{Log}4.8 = 0.68$ فانت تقوم بأخذ الرقم الي بجانب اللوغاريتم وتعوضه عن القيمة التي ظهرت لك بالسؤال.

مثال4 جد قيمة Y اذا علمت ان $Y = 10^{-4.54}$ علما ان $\text{Log } 2.88 = 0.46$

$$Y = 10^{-4.54 + 5 - 5} \longrightarrow Y = 10^{0.46 - 5} \longrightarrow Y = 2.88 \times 10^{-5}$$

3-5 الاس الهيدروجيني PH

يكون عادة التعامل مع التراكيز الصغيرة لأيونات H^+ و OH^- صعب جدا لذا تم اقتراح الاس الهيدروجيني PH (الدالة الحامضية) للتعبير عن حامضية المحلول.

والاس الهيدروكسيدي POH (الدالة القاعدية) للتعبير عن قاعدية المحلول.

وحسب العلاقات التالية

$$PH = -\log[H^+] = \frac{1}{[H^+]} \Longrightarrow [H^+] = 10^{-PH}$$

$$POH = -\log[OH^-] = \frac{1}{[OH^-]} \Longrightarrow [OH^-] = 10^{-POH}$$

أشتق علاقة تربط بين قيمتي PH و POH

$$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$$

نأخذ لوغاريتم طرفي المعادلة

$$\log[H^+]\ [OH^-] = \log 10^{-14}$$

$$\log[H^+] + \log[OH^-] = \log 10^{-14}$$

نضرب طرفي المعادلة x 1−

$$(-\log[H^+]) + (-\log[OH^-]) = -\log 10^{-14}$$

$$PH + POH = 14$$

الجدول ادناه مهم جدا جدا ويجب حفظه

جدول يوضح طبيعة المحلول للقيم المختلفة ل PH و POH عند حرارة 25C°

القيم عند 25°C	الحالة العامة	طبيعة المحلول
PH < 7 < POH	PH < POH	حامضي
PH = 7 = POH	PH = POH	متعادل
PH > 7 > POH	PH > POH	قاعدي

خلي ننطيك المفيد
PH تحت 7 حامضي
PH فوق 7 قاعدي
PH=7 متعادل

مثال 3-7 أحسب قيمة PH محلول فيه تركيز ايونات H^+ = 0.05 علما ان Log 5 = 0.7

$PH = -\log[H^-]$

$PH = -(\log 0.05)$

$PH = -(\log 5 \times 10^{-2})$

$PH = -(\log 5 + \log 10^{-2})$

$PH = -(0.7 - 2) = 1.3$

ملاحظة مهمة جدا
1. العلاقة بين PH و POH علاقة عكسية.
2. العلاقة بين $[H^+]$ و $[OH^-]$ علاقة عكسية.
3. علاقة $[H^+]$ مع POH طردية ومع PH عكسية.
4. علاقة $[OH^-]$ مع PH طردية ومع POH عكسية.

تمرين 3-6 أحسب قيم الدالة الحامضية للمحاليل الاتية . علما ان Log 6 = 0.78

أ) $6 \times 10^{-4}M$ من حامض HCl

الحل/

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

HCl	H^+	Cl^-
6×10^{-4}	0	0
0	6×10^{-4}	6×10^{-4}

$PH = -\text{Log}[H^-]$

$PH = -(\text{Log } 6 \times 10^{-4})$

$PH = -(\text{Log } 6 + \text{Log}10^{-4})$

$PH = -(0.78 + -4) = 3.22$

ب) 0.03 M من حامض H_2SO_4

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^{-2}$$

H_2SO_4	$2H^+$	SO_4^{-2}
0.03	0	0
0	0.06	0.03

$PH = -\text{Log}[H-]$

$PH = -(\text{Log } 0.06)$

$PH = -(\text{Log } 6 \times 10^{-2})$

$PH = -(\text{Log } 6 + \text{Log}10^{-2})$

$PH = -(0.78 - 2) = 1.22$

مثال 3-8 احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH لمحلول حامض HCl تركيزه 0.015M علما ان Log 1.5 = 0.18

$$HCl \longrightarrow H^+ + Cl^-$$

HCl	H^+	Cl^-
0.015	0	0
0	0.015	0.015

$[H+] = 0.015 = 1.5 \times 10^{-2}$ M

$PH = -\text{Log}[H^+]$

$PH = -\text{Log}(1.5 \times 10^{-2})$

$PH = -(\text{Log}1.5 + \text{Log}10^{-2})$

$PH = -(0.18 - 2) = 1.82$

$[H^+][OH^-] = 10^{-14}$

$$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.5 \times 10^{-2}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.5 \times 10^{-2}}$$

$[OH^-] = 6.7 \times 10^{-13}$ M

PH + POH = 14

قوانين مهمة جدا

تركيز الحامض القوي الاحادي البروتون = $[H^+]$

تركيز الحامض القوي الثنائي البروتون = $\frac{[H^+]}{2}$

تركيز القاعدة القوية الاحادية الهيدروكسيد = $[OH^-]$

تركيز القاعدة القوية الثنائية الهيدروكسيد = $\frac{[OH^-]}{2}$

تمرين 3-7 أذا علمت ان PH محلول حامض النتريك = 3.32 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان Log 4.76 = 0.68

الحل / بما ان الحامض قوي واحادي البروتون.

$[HNO_3] = [H^+]$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-3.32+4-4}$

$[H^+] = 10^{0.68-4}$

$[H^+] = 4.76 \times 10^{-4}M = [HNO_3]$

مثال اضافي6 أذا علمت ان PH محلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 = 2.22 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان Log 6 = 0.78

الحل / بما ان الحامض قوي وثنائي البروتون.

$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2}$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H^+] = 10^{-2.22+3-3}$

$[H^+] = 10^{0.78-3}$

$[H^+] = 6 \times 10^{-3} = 0.006M$

$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2} = \frac{[0.006]}{2} = 0.003M$

مثال اضافي7 أذا علمت ان PH محلول هيدروكسيد الكالسيوم $Ca(OH)_2$ = 12.3 ما هي مولارية المحلول؟ علما ان Log 2 = 0.3

الحل/ واجب وللتأكد من صحة الحل الناتج = 0.01M

تمرين (9-3) احسب $[H^+]$ و PH و $[OH^-]$ و POH للمحلول المائي لـ $Ca(OH)_2$ تركيز 0.015 M وهل المحلول حامضي ام قاعدي؟ استفد من هذه المعلومة Log3 = 0.48

الحـــــل/واجب النتائج ستكون كالاتي

PH= 12.48 POH = 1.52 $[H^+] = 3.33 \times 10^{-13}$ M $[OH^-]$= 0.03M

تمرين (3- 8) اكمل الجدول التالي وهل هناك علاقة واضحة بين PH و POH ولماذا

المحلول	$[H^+]$	$[OH^-]$	PH	POH
0.15M HI	0.15	6.67×10^{-14}	0.82	13.18
0.06M RbOH	1.67×10^{-13}	0.06	12.78	1.22
0.02M $Ba(OH)_2$	2.5×10^{-13}	0.04	12.6	1.4
0.0003 $HClO_4$	0.0003	3.33×10^{-11}	3.53	10.47

log 15= 1.18 log 4= 0.6 log 6 = 0.78

$HI \longrightarrow H^+ + I^-$

0.15 0 0

0 0.15 0.15

$[H^+] = 0.15 = 15 \times 10^{-2}$ M

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 15 \times 10^{-2})$

$PH = -(\log 15 + \log 10^{-2})$

$PH = -(1.18 - 2) = 0.82$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{15 \times 10^{-2}}$

$[OH^-] = \frac{100 \times 10^{-16}}{15 \times 10^{-2}} = 6.67 \times 10^{-14}$

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 0.82 = 13.18

$RbOH \longrightarrow Rb^+ + OH^-$

0.06 0 0

0 0.06 0.06

$[OH^-] = 0.06 = 6 \times 10^{-2}$ M

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 6 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 6 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.78 - 2) = 1.22$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{6 \times 10^{-2}}$

$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{6 \times 10^{-2}} 1.67 \times 10^{-13}$ M

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.22 = 12.78

$Ba(OH)_2 \longrightarrow Ba^+ + 2OH^-$

0.02 0 0

0 0.02 0.04

$[OH^-] = 0.04 = 4 \times 10^{-2}$ M

$POH = -\log[OH^-]$

$POH = -(\log 4 \times 10^{-2})$

$POH = -(\log 4 + \log 10^{-2})$

$POH = -(0.6 - 2) = 1.4$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH-]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{4 \times 10^{-2}}$

$[H^+] = \frac{10 \times 10^{-15}}{4 \times 10^{-2}} = 2.5 \times 10^{-13}$ M

PH + POH = 14

PH = 14 – POH= 14 – 1.4 = 12.6

$HClO_4 \longrightarrow H^+ + ClO_4^-$

0.0003 0 0

0 0.0003 0.0003

$[H^+] = 0.0003 = 3 \times 10^{-4}$ M

$PH = -\log[H^+]$

$PH = -(\log 3 \times 10^{-4})$

$PH = -(\log 3 + \log 10^{-4})$

$PH = -(0.47 - 4) = 3.53$

$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$

$[OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[H+]} = \frac{1 \times 10^{-14}}{3 \times 10^{-4}}$

$[OH^-] = \frac{10 \times 10^{-15}}{3 \times 10^{-4}} = 3.33 \times 10^{-11}$ M

PH + POH = 14

POH = 14 – PH= 14 – 3.53 = 10.47

العلاقة بين PH وPOH علاقة عكسية كلما زادت ال PH قلت ال POH والعكس صحيح

سؤال(4-3) ما عدد غرامات CH_3COOH (M=60g/mol) الواجب اضافتها الى 250mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 2.7 علما ان PKa للحامض =4.74

Log1.8 =0.26 Log2 =0.3

الحـــل/

$[H^+] = 10^{-PH}$
$[H^+] = 10^{-2.7+3-3}$
$[H^+] = 10^{0.3-3}$
$[H^+] = 2 \times 10^{-3}$ M = 0.002M

$Ka = 10^{-PKa}$
$Ka = 10^{-4.74+5-5}$
$Ka = 10^{0.26-5}$
$Ka = 1.8 \times 10^{-5}$

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{(0.002)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.002)^2}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$$Y = \frac{(4 \times 10^{-6})}{[1.8 \times 10^{-5}]}$$

$Y = 2.2 \times 10^{-1} = 0.22$ M تركيز الحامض الابتدائي

نجد كتلة الحامض من العلاقة التالية

$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$

$$V(L) = \frac{250\ ml}{1000\ ml/L} = 0.25\ L$$

$m = 0.22 mol_{/L} \times 60_{g/mol} \times 0.25_{(L)}$

m = 3.3 g

سؤال(3-25) كم هي كتلة هيدروكسيد البوتاسيوم(M = 56g/mol) اللازم اضافتها الى 200ml لتصبح قيمة PH = 11؟

الحـــل / ملاحظة هيدروكسيد البوتاسيوم قاعدة قوية احادية الهيدروكسيد لذا بايجاد تركيز $[OH^-]$ = تركيز القاعدة.

PH + POH= 14
POH= 14 – PH = 14 – 11 = 3
$[OH^-] = 10^{-POH}$
$[OH^-] = 10^{-3}$ = 0.001 M =[KOH]

نجد الكتلة من هذه العلاقة

m(g)= M(mol/L) x M(g/mol) x V(L)

$$V(L) = \frac{200\ ml}{1000\ ml/l} = 0.2L$$

m(g)= 0.001(mol/L) x 56(g/mol x 0.2(L)
m(g)= 0.0112 g

مثال أضافي8 كم هي كتلة حامض الكبريتيك (M= 98g/mol) اللازم اضافتها الى 350ml لتصبح قيمةPH=2.4 علما ان Log 4 =0.6 ؟

الحل/ واجب وللتأكد من صحة الحل ج/ 0.0686 g

الحـــل/

$[H^+] = 10^{-PH}$
$[H^+] = 10^{-2.4+3-3}$
$[H^+] = 10^{0.6-3}$
$[H^+] = 4 \times 10^{-3}$ M = 0.004M

$$[H_2SO_4] = \frac{[H^+]}{2} = \frac{[0.004]}{2} = 0.002M$$

نجد الكتلة من هذه العلاقة

m(g)= M(mol/L) x M(g/mol) x V(L)

$$V(L) = \frac{350\ ml}{1000\ ml/l} = 0.35L$$

m(g)= 0.002mol/L x 98 g/mol x 0.4(L)
m(g)= 0.0784 g

مثال أضافي9 ما عدد غرامات البردين C_5H_5N ($M=79g/mol$) الواجب اضافتها الى 400mL من الماء المقطر ليصبح PH المحلول بعد الاضافة 10.6 علما ان PK_b للبردين =6.4

Log4 =0.6

الحل/ واجب ناتج الحل سيكون 12.64 g

مثال اضافي10 ماهي الكتلة المولية لحامض ضعيف تم اذابة 2.4g منه في 800ml للحصول على محلول PH له =3 علما ان $Ka = 2 \times 10^{-5}$

الحل/

$$[H^+] = 10^{-PH}$$

$$[H^+] = 10^{-3} = 0.001$$

$$Ka = \frac{[H^+]^2}{Y}$$

$$2 \times 10^{-5} = \frac{(0.001)^2}{[Y]}$$

$$Y = \frac{(0.001)^2}{[2 \times 10^{-5}]} = \frac{(1 \times 10^{-6})}{[2 \times 10^{-5}]}$$

$Y=5 \times 10^{-2} = 0.05$ M تركيز الحامض الابتدائي

نجد الكتلة المولية للحامض من العلاقة التالية

$$m = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$V(L) = \frac{800\ ml}{1000\ ml/L} = 0.8\ L$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{m}{M \times V}$$

$$M_{(g/mol)} = \frac{2.4g}{0.05mol/L \times 0.8L} = 60\ g/mol$$

مثال اضافي11 ما هي الكتلة المولية لحامض قوي ثنائي البروتون كتلته 0.98g مذاب في 500 ml من الماء المقطر للحصول على محلول PH له = 1.4 علما ان log4 = 0.6

واجب / للتأكد من صحة الحل الجواب 98g/mol

مثال اضافي12 احسب الكتلة المولية لقاعدة ضعيفة اذيب 3.95g منها في 500ml من الماء المقطر لجعل PH = 10.3

علما ان Log4 = 0.6 log2 = 0.3

, $PK_b = 6.4$

الحـــل/

$$m = M \times M \times V(L)$$

$$\Rightarrow M = \frac{m}{M \times V}$$

بما ان القاعدة ضعيفة فعليه

$$K_b = \frac{[OH]^2}{Y}$$

$$Y = \frac{[OH]^2}{Kb}$$

$$K_b = 10^{-Kb}$$

$$K_b = 10^{-6.4+7-7}$$

$$K_b = 10^{6.4-7}$$

$$Kb = 4 \times 10^{-7}$$

$$PH + POH = 19$$

$$POH = 14 - PH$$

$$= 14 - 10.3$$

$$POH = 3.7$$

$$OH = 10^{-POH}$$

$$OH = 10^{-3.7+2-2}$$

$$OH = 10^{0.3-4}$$

$$OH = 2 \times 10^{-4}\ M$$

$$Y = \frac{(2 x 10^{-4})2}{4 \times 10^{-7}} \Rightarrow Y = \frac{4 x 10^{-8}}{4 x 10^{-7}} = 0.1M$$

$$V(L) = 500\ \text{ml} \times \frac{1L}{1000ml}$$

$$= 0.5\ L$$

$$M = \frac{3.95}{0.1 \times 0.5}$$

$$M = 79\ g / mol$$

مثال اضافي13 ما حجم محلول حامض الفورميك HCOOH كتلته المولية (46 g / mol) وكتلته 23g ، POH له = 11.6 و $Ka = 4 \times 10^{-5}$ علما ان Log4 = 0.6 .

الحـــل/ واجب للتأكد من صحة الحل الناتج 1.25L

6-3 التمذوب

التمذوب : يقصد به تفاعل المادة مع المذيب المستعمل لإذابتها وغالبا ما تحدث بالمحاليل المائية وتدعى بالتحلل المائي.

س/ ما المقصود بالتحلل المائي؟

ج / هو تفاعل المادة المراد اذابتها مع الماء حيث تتضمن التفاعل مع ايونات H^+ او OH^- .

انواع التحلل المائي.

هناك انواع من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر السالب (القاعدة القرينة A^-) للحامض الضعيف مع جزئ الماء لتكوين جزئ الحامض غير المتفكك مما يؤدي الى حدوث اضطراب بين ايونات H^+ و OH^- في الماء وبالتالي يتكون محلول قاعدي نتيجة زيادة ايونات OH^- (لاحظ المخطط ادناه).

$$HA \rightleftharpoons H^+ + A^-$$

$$A^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons HA + OH^-$$

تكون زيادة من OH^- لذلك يصبح المحلول قاعدي.

مثال / تفاعل ايون الخلات مع الماء.

$$CH_3COO^- + H^+ - OH^- \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

وهناك نوع اخر من التحلل المائي يتضمن تفاعل الجذر الموجب (الحامض القرين M^+) للقاعدة الضعيفة مع جزئ الماء لتكوين جزئ القاعدة الضعيفة غير المتفككة مما يؤدي الى حدوث اضطراب بين ايونات H^+ و OH^- في الماء وبالتالي يتكون محلول حامضي نتيجة زيادة ايونات H^+

$$M^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons MOH + H^+$$

تكون زيادة من H^+ لذلك يصبح المحلول حامضي.

مثال / تفاعل ايون الامونيوم مع الماء.

$$NH_4^+ + H^+ - OH^- \rightleftharpoons NH_4OH + H^+$$

حسب مفهوم برونشتد تسلك القاعدة القرينة للحامض القوي سلوك قاعدة ضعيفة بينما تكون القاعدة القرينة للحامض الضعيف قاعدة قرينة قوية ونفس الامر بالنسبة للحوامض.

في التفاعلات ادناه حدد الحامض القرين القوي والضعيف والقاعدة القرينة القوية والضعيفة

$$CH_3COOH + H_2O \rightleftharpoons CH_3COO^- + H_3O^+$$

CH_3COOH: حامض ضعيف — CH_3COO^-: قاعدة قرينة قوية

$$HCl + H_2O \rightleftharpoons Cl^- + H_3O^+$$

HCl: حامض قوي — Cl^-: قاعدة قرينة ضعيفة

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$

$NaOH$: قاعدة قوية — Na^+: حامض قرين ضعيف

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3: قاعدة ضعيفة — NH_4^+: حامض قرين قوي

انواع الاملاح.

1- املاح لقواعد قوية وحوامض قوية. املاح متعادلة

2- املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة. املاح حامضية

3- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية. املاح قاعدية

4- املاح لقواعد ضعيفة وحوامض ضعيفة.

النوع الأول : املاح لقواعد قوية وحوامض قوية.

هي الاملاح الناتجة من الأيون الموجب للقاعدة القوية والايون السالب للحامض للقوي وهو يعطي محاليل متعادلة (وذلك لان ليس لأيوناتها الموجبة او السالبة القابلية على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء).

من الامثلة على هذه الاملاح KCl و NaCl و NaBr و K_2SO_4

بصورة عامة ان التقى احد الجذور للحوامض القوية مع احد الجذور للقاعدة القوية يتكون ملح متعادل مع بعض الاستثناءات (راجع بداية الملزمة لتحدد جذور الحوامض القوية والقواعد القوية)

علل1 / NaCl لا يؤثر على PH الماء؟

ج/ لأنه ملح متعادل ناتج من تفاعل حامض قوي HCl مع قاعدة قوية NaOH لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

علل2 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة قوية متعادلة؟

ج/لذلك ليس لأيوناته الموجبة او السالبة على التفاعل بشكل ملحوظ مع جزيئات الماء.

النوع الثاني : املاح لقواعد قوية وحوامض ضعيفة.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة قاعدية بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح CH_3COONa – KCN بصورة عامة ان التقت جذور القواعد القوية مع جذور الحوامض الضعيفة .

علل3/ عند ذوبان ملح خلات الصوديوم في الماء يتكون ملح قاعدي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا فعند تفاعله مع الماء ستتفاعل ايونات الحامض السالبة (قاعدة قرينة قوية) مع ايونات H^+ وبذلك تنقص ايونات H^+ وسيصبح هناك فائض في ايونات OH^- ويصبح المحلول قاعدي.

علل4 / الاملاح المشتقة من قاعدة قوية وحامض ضعيف املاح قاعدية؟

ج/ بسبب قابلية الأيون السالب للملح العائد للحامض الضعيف التفاعل مع أيونات H^+ في الماء لتكوين الحامض الضعيف وبالتالي تقل ايونات H^+ تحصل زيادة في ايونات OH^- فتظهر الصفة القاعدية للمحلول

علل5/ عند ذوبان ملح فورمات البوتاسيوم HCOOK في الماء تزداد قيمة PH؟ وزاري2003

ج/واجب



التحلل المائي للايون السالب

يمكن وصف التحلل المائي لأيون الخلات بالمعادلة التالية.

$$CH_3COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3COOH + OH^-$$

والتعبير عنه يكون K_h ويدعى ثابت الاتزان لهذا التفاعل بثابت التحلل المائي يرمز له

$$K_h = \frac{[CH_3COOH][OH^-]}{[CH_3COO^-]}$$

قوانين التحلل المائي لملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف.

$PK_h = PK_w - PK_a$	$K_h = \frac{Kw}{Ka}$
$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times Ka}{c}}$	$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}}$
$K_h = \frac{[OH^-]^2}{C}$	$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$

حيث ان

K_h ثابت التحلل المائي	K_w ثابت الحاصل الايوني للماء و = 10^{-14}
PK_w يمثل سالب لوغاريتم قيمة K_w وهو قيمة ثابتة = 14	C = تركيز ملح الحامض غير المتحلل (التركيز الابتدائي للملح)
PKa يمثل سالب لوغاريتم قيمة Ka	PK_h يمثل سالب لوغاريتم قيمة K_h

الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح قاعدي.

من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء نتريت – خلات – فورمات- سيانيد – فلوريد وغالبا ينتهي بهذه الاسماء الصوديوم - الكالسيوم - البوتاسيوم - الباريوم - الليثيوم.

حينما يقول له PH أكثر من 7 فانه ملح قاعدي او POH اقل من 7 .

أذا كانت $[OH^-]$ > من 10^{-7} فانه ملح قاعدي.

حينما يعطي في السؤال قيمة Ka فانه سؤال يخص ملح قاعدي.

الحامض الضعيف واسمه	جذر الحامض واسمه
حامض النتروز HNO_2	نتريت NO_2^-
حامض الخليك CH_3COOH	خلات CH_3COO^-
حامض الفورميك HCOOH	فورمات $HCOO^-$
حامض الهيدروسيانيك HCN	سيانيد CN^-

امثلة وتمارين النوع الثاني من الاملاح

(مثال 3-10) مــا قيمة ثابت التحلل المائي لملح خلات الصوديوم CH_3COONa أذا علمت ان ثابت تفكك حامض الخليك = 1.8×10^{-5}؟

الحــــل / ملح خلات الصوديوم مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف لذا يحسب ثابت تحلله من العلاقة التالية.

$$K_h = \frac{Kw}{Ka} = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.8 \times 10^{-5}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}} = 5.6 \times 10^{-10}$$

(مثال 3-11) احسب قيمة PH لملح خلات الصوديوم CH_3COONa تركيزه 0.01M في حرارة 25C° علما ان ثابت تفكك حامض الخليك = 1.8×10^{-5}؟ علما ان Log1.8 =0.26

الحــــل/ الملح مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w + PK_a + Log\ C]$$

$$PK_w = = 14$$

$$PKa = -Log\ Ka$$

$$PKa = -(log\ 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PKa = -(Log\ 1.8 + Log 10^{-5})$$

$$PKa = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$LogC = Log\ 0.01 = Log\ 10^{-2} = -2$$

$$PH = \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 2] = \frac{16.74}{2} = 8.37$$

تمرين(3-10) أحسب تركيز ايون الهيدروكسيد للمحلول المائي لملح سيانيد البوتاسيوم KCNتركيزه 0.1M ($Ka\ HCN = 4.9 \times 10^{-10}$) هل المحلول حامضي ام قاعدي؟ $\sqrt{2.04} = 1.43$

الحــــل/ الملح مشتق من قاعدة قوية KOH وحامض ضعيف HCN

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} M$$

مثال اضافي14 لتر من محلول احد الاملاح PH = 12 له وثابت التحلل المائي له= 5×10^{-5} ما عدد مولات الملح في المحلول؟

الحــــل / بما ان PH > 7 المحلول قاعدي

$$K_h = \frac{Kw}{Ka} \Longrightarrow K_a = \frac{Kw}{Kh} = \frac{1 \times 10^{-14}}{5 \times 10^{-5}} = K_a = \frac{10 \times 10^{-15}}{5 \times 10^{-5}} = 2 \times 10^{-10}$$

$$PH + POH = 14 \Longrightarrow POH = 14 - PH \Longrightarrow POH = 14 - 12 = 2$$

$$OH = 10^{-POH} = 10^{-2} M$$

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}} \Longrightarrow 10^{-2} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-10}}}$$ نربع الطرفين

$$10^{-4} = \frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-10}} \Longrightarrow C = \frac{10^{-4} \times 2 \times 10^{-10}}{10^{-14}} = 2M$$ = تركيز الملح

النوع الثالث : املاح لقواعد ضعيفة وحوامض قوية.

عند أذابة هذا النوع من الأملاح يكون المحلول ذو صفة حامضية دائما بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية للمحلول ومن الامثلة على هذه الأملاح

$C_5H_5NHCl - NH_4Br - NH_4Cl$ بصورة عامة ان التقت جذور القواعد الضعيفة مع جذور الحوامض القوية .

علل6/ عند ذوبان ملح نترات الامونيوم في الماء يتكون ملح حامضي؟

ج/ لأنه ملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي لذا فعند تفاعله مع الماء فان الايونات الموجبة العائدة للقاعدة الضعيفة (حامض قرين قوي) تتفاعل مع ايونات OH^- وبذلك تنقص ايونات OH^- وسيصبح هناك فائض في ايونات H^+ ويصبح المحلول حامضي.

علل7 / الاملاح المشتقة من حامض قوي وقاعدة ضعيفة املاح حامضية؟

ج/ بسبب قابلية الأيون الموجب للملح العائد للقاعدة الضعيفة التفاعل مع أيونات OH^- في الماء لتكوين القاعدة الضعيفة وبالتالي تحصل زيادة في ايونات H^+ فتظهر الصفة الحامضية

علل8/ عند ذوبان ملح كلوريد البيريديوم C5H5NHCl تقل قيمة PH؟

ج/ واجب

قوانين التحلل المائي لملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي.

$K_h = \frac{Kw}{Kb}$	$PK_h = PK_w - PK_b$
$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}}$	$K_h = \frac{[H^+]^2}{C}$
$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - \log C]$	

الحالات التي نعرف فيها ان هذا الملح حامضي.

1. من الصيغة الكيميائية له او من اسمه وخاصة ان بدأ بهذه الاسماء نترات – كبريتات – كلوريد ـ بروميد – كرومات وغالبا ينتهي بهذه الاسماء الامونيوم ـ البيريديوم ـ الانيلين .
2. حينما يقول له PH اقل من 7 فانه ملح حامضي او POH أكبر من 7 .
3. أذا كانت $[H^+] > 10^{-7}$ من فأنه ملح حامضي.
4. حينما يعطي في السؤال قيمة Kb فانه سؤال يخص ملح حامضي.

امثلة وتمارين النوع الثاني من الاملاح

مثال 3-12 أحسب قيمة PH لملح كلوريد الامونيوم NH_4Cl تركيزه 0. 2M علما ان ثابت تفكك الامونيا = 1.8×10^{-5}؟ علما ان Log1.8 =0.26 . Log 2 = 0.3

الحـــــل/ الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - Log\ C]$$
$$PK_w = 14$$
$$PK_b = -Log\ K_b$$
$$PK_b = -(log\ 1.8 \times 10^{-5})$$
$$PK_b = -(Log\ 1.8 + Log 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$
$$Log C = Log\ 0.2 = Log\ 2 \times 10^{-1}$$
$$= (Log 2 + Log 10^{-1})$$
$$= 0.3 - 1 = -0.7$$
$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 0.7] = 4.98$$

تمرين 3-11 أحسب قيمة POH لملـــــح نترات الامونيوم NH_4NO_3 تــــركيزه 0. 5M
PK_b NH_3 = 4.74؟ علما ان Log5 = 0.7

الحـــــل/ الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة يحسب له PH من العلاقة التالية

$$PH = \frac{1}{2}[PK_w - PK_b - Log\ C]$$
$$PK_w = 14$$
$PK_b = 4.74$ معطى
$$Log C = Log\ 0.5 = Log\ 5 \times 10^{-1}$$
$$= (Log 5 + Log 10^{-1})$$
$$= 0.7 - 1 = -0.3$$
$$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 0.3] = 4.78$$
$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 4.78 = 9.22$$

مثال أضافي15 ما عــــــدد مولات NH_4Cl في نصف لتر من الماء المقطر كي تصبح PH=5 علما ان ثابت تفكك الامونيا = 1.8×10^{-5}؟ علما ان Log1.8 =0.26 . Log 2 = 0.3

الحـــــل / بما ان PH < 7 المحلول حامضي

$$H = 10^{-PH} = 10^{-5}\ M$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}} \Longrightarrow 10^{-5} = \sqrt{\frac{10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-2}}}$$ نربع الطرفين

$$10^{-10} = \frac{10^{-14} \times C}{1.8 \times 10^{-5}} \Longrightarrow C = \frac{10^{-10} \times 1.8 \times 10^{-5}}{10^{-14}} = 1.8 \times 10^{-1} = 0.18M$$ = تركيز الملح

$$M = \frac{n}{V_{(L)}} \Longrightarrow n = M \times V_{(L)} = 0.18 \times 0.5 = 0.09\ mol$$

اسئلة الفصل الخاصة بالتمذوب

سؤال 3-3 في المحاليل الاتية هل يكون المحلول حامضي او قاعدي او متعادل ولماذا؟

أ) NH_4Cl محلول حامضي لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة.

ب) Na_2SO_4 محلول متعادل لأنه مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

ج) CH_3COONa محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.

د) CaF_2 محلول قاعدي لأنه مشتق من حامض ضعيف وقاعدة قوية.

هـ) $MgCl_2$ محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

و) KCl محلول متعادل مشتق من حامض قوي وقاعدة قوية.

سؤال (3-16) أحسب قيمة PH و لمحاليل الاملاح الاتية OH^-؟

1) 0.1M سيانيد الصوديوم NaCN

$Ka = 4.9 \times 10^{-10}$, $Log4.9 = 0.7$

$\sqrt{2.04}=1.43$

الجواب / اولا :- حساب PH

الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض ضعيف وعليه

$$PH= \frac{1}{2}[PK_w + PKa + Log\ C]$$

$PKw = 14$

$PKa = - Log\ Ka = -(log\ 4.9 \times 10^{-10}) =$

$-(Log\ 4.9 + Log10^{-10}) = -(0.7-10) = 9.3$

$LogC = Log\ 0.1 = Log\ 10^{-1} = -1$

$$PH= \frac{1}{2}[14 + 9.3 - 1] = \frac{23.3}{2} = 11.15$$

ثانيا :- حساب $[OH^-]$ من هذا القانون

$$[OH^-] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Ka}}$$

$$[OH] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 10^{-1}}{4.9 \times 10^{-10}}} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-16}}{4.9 \times 10^{-10}}}$$

$$[OH^-] = \sqrt{2.04 \times 10^{-6}} = 1.43 \times 10^{-3} M$$

2) 0.25M نترات الامونيوم. $Kb = 1.8 \times 10^{-5}$

$Log\ 2.5 = 0.4$, $Log1.8 = 0.26$

$\sqrt{1.39}=1.18$

الجواب / اولا حساب PH

الملح مشتق من قاعدة ضعيفة وحامض قوي وعليه

$$PH= \frac{1}{2}[PKw - PKb - Log\ C]$$

$PKw= 14$

$PKb = - Log\ K_b = -(log\ 1.8 \times 10^{-5}) =$

$-(Log\ 1.8 + Log10^{-5}) = -(0.26-5) = 4.74$

$LogC = Log\ 0.25 = Log\ 2.5 \times 10^{-1}$

$=(Log2.5 + Log10^{-1}) = (0.4 - 1) = -0.6$

$$PH= \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 0.6] = \frac{9.86}{2} = 4.93$$

ثانيا/ لإيجاد $[OH^-]$ نجد اولا $[H^+]$ ومن ثم $[OH^-]$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}}$$

$$[H^+] = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times 2.5 \times 10^{-1}}{1.8 \times 10^{-5}}} = \sqrt{\frac{2.5 \times 10^{-15}}{1.8 \times 10^{-5}}}$$

$$[H^+] = \sqrt{1.39 \times 10^{-10}} = 1.18 \times 10^{-5} M$$

$$[OH-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{1.18 \times 10^{-5}} = 8.5 \times 10^{-10} M$$

3) 0.5 ملح نترات الصوديوم $NaNO_3$

الجواب / الملح مشتق من قاعدة قوية وحامض قوي لذا لا يعاني اي تحلل مائي ويكون محلوله المائي متعادل

$PH= 7$ و $[OH^-] = 10^{-7}$

مثال أضافي16 ما عدد مولات وغرامات ملح الكتلة المولية (53.5 g/mol) اللازم اضافتها الى 400ml لجعل PH = 5 علما ان ثابت الالكتروليت الضعيف المشتق منه الملح 2×10^{-5}

الحـــل / بما ان PH < 7 المحلول حامضي
اذا الملح مشتق من حامض قوي وقاعدة ضعيفة
اذا الثابت تابع للقاعدة الضعيفة.

$$K_b = 2 \times 10^{-5}$$

$[H^+] = 10^{-PH}$

$[H] = 10^{-5}$

$[H^+] = \sqrt{\frac{Kw \times C}{Kb}}$

$10^{-5} = \sqrt{\frac{1 \times 10^{-14} \times C}{2 \times 10^{-5}}}$

$10^{-5} = \sqrt{\frac{10 \times 10^{-15} \times C}{2 \times 10^{-5}}}$

$10^{-5} = \sqrt{5 \times 10^{-10} \times C}$

نربع الطرفين

$10^{-10} = 5 \times 10^{-10} \times C$

$C = \frac{1 \times 10^{-10}}{5 \times 10^{-10}}$

$C = 0.2$ M

$M = \frac{n}{V}$

$n = M \times V$

نحول وحدة الحجم الى لتر

$V(L) : 400\ ml \times \frac{1}{1000 ml}$

$V = 0.4$ L

$n = 0.2 mol/L \times 0.4 L = 0.08$ mol

$n = \frac{m}{M}$

$m = n \times M$

$m = 0.08\ mol \times 53.5\ g/mol$

$m = 4.28$ g

مثال أضافي17 احسب عدد غرامات فورمات البوتاسيوم HCOOK اللازم اضافتها الى 400ml من الماء المقطر لتصبح PH = 9 ثم احسب عدد مولاته علما ان $Ka = 2 \times 10^{-7}$ والكتلة المولية لفورمات البوتاسيوم 84 g/mol

الحـــل / واجب للتأكد من صحة الحل n=0.0008 m=0.0672g

مثال أضافي18 احسب ثابت التحلل المائي K_h لملح فيه PH = 4.5 وتركيزه 0.5M

الحـــل / واجب للتأكد من صحة الحل الناتج $Kh = 2 \times 10^{-9}$

يحل في دفتر الواجبات

7-3 تأثير الايون المشترك

هي ظاهرة تقليل تفكك الالكتروليت الضعيف والناتجة من أضافة الكتروليت قوي يحوي أحد ايونات الالكتروليت الضعيف في نفس المحلول.

ملاحظات عن الايون المشترك.

- فكرة الايون المشترك هي محلول مائي يحوي مذابين أحدهما الالكتروليت الضعيف والاخر الكتروليت قوي يحوي ايون يشترك به مع الالكتروليت الضعيف لكن ليس $[H^+]$ او $[OH^-]$.
- **سوف نقتصر في دراستنا للايون المشترك على نوعين هما**
  1. المركب الاساسي **حامض** ضعيف يضاف اليه **احد املاحه.**
  2. المركب الاساسي **قاعدة ضعيفة** يضاف اليها **أحد املاحها.**
- ان اضافة الالكتروليت القوي ستؤدي الى زيادة في تركيز الايون المشترك بين الالكتروليتين لذا سيؤدي الى حدوث خلل في عملية الاتزان وسيقل تركيز $[H^+]$ و$[OH^-]$.

خطوات حل مسائل الأيون المشترك.

1- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف(حامض او قاعدة) ونجد تركيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ اذا طلب ما التأثير على تركيزهما او نجد درجة التفكك او النسبة المئوية او PH او POH حسب منطوق السائل.

2- بعد أستخراج ((المطلوب)) نقوم بالخطوات التالية.

أ- نكتب معادلة تفكك الالكتروليت الضعيف من جديد لكن بدل ما نفرض التغير في التراكيز (X) سنفرض **(`X)**.

ب - نكتب بعد ذلك تفكك الالكتروليت القوي ويفضل ان يكون هناك ترتيب للمعادلتين بحيث يوضع الايون المشترك في المعادلتين أحدهما أسفل الاخر (ان التفكك للالكتروليت القوي سيكون تام).

ملاحظة مهمة جدا جدا بدل من الخطوات اعلاه في الخطوة الثانية خطوة اضافة الالكتروليت القوي (ملح حامضي او قاعدي) يمكن الاستعانة بالقوانين التالية.

حامض ضعيف اضيف اليه ملحه القاعدي يمكن الاستعانة بالقانون الاتي	قاعدة ضعيفة اضيف اليها ملحها الحامضي يمكن الاستعانة بالقانون الاتي
$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$	$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$

ملاحظة بالعامية

ترا الحامض الضعيف ملحه قاعدي لانه متكون من حامض ضعيف وقاعدة قوية والقاعدة الضعيفة ملحها حامضي لانه متكون من قاعدة ضعيفة وحامض قوي

مثال 13-3 ما التأثير الذي تحدثه أضافة 8.2 g (0.1mol) من ملح خلات الصوديوم الى لتر من محلول حامض الخليك تركيزه 0.1 mol/L على تركيز ايون H^+ عند حرارة 25C° علما ان $Ka(CH_3COOH)= 1.8 \times 10^{-5}$ للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.3$

الحـــــل/ نجد اولا تركيز $[H^+]$ للحامض قبل أضافة خلات الصوديوم.

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-][H^+]}{[CH_3COOH]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \Rightarrow X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [H^+]$$

الان نحسب تركيز أيون H^+ في محلول الحامض بعد أضافة خلات الصوديوم

لان الحجم لتر واحد $M = n = 0.1\ M$

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$

CH_3COOH	CH_3COO^-	H^+
0.1	0	0
0.1 – X`	X`	X`

$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$

CH_3COONa	CH_3COO^-	Na^+
0.1	0	0
0	0.1	0.1

$$Ka = \frac{(0.1+X`)X`}{(0.1-X`)}$$ يهمل

$$X` = \frac{Ka \times 0.1}{0.1} = Ka = 1.8 \times 10^{-5}\ M = [H^+]$$

حل اخر خطوة الثانية مقبول وزاري

لان الحجم لتر واحد $M = n = 0.1\ M$

$$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.1]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان تركيز $[H^+]$ قد انخفض بعد أضافة ملح خلات الصوديوم وهذا بسبب نقصان تفكك حامض الخليك

ملاحظات عن السؤال اعلاه والسؤال اللاحق.

1. ليس دائما التركيز الجديد = قيمة الثابت (Ka)او(K_b) فقط يساوي القيمة عندما يكون تركيز المضاف = تركيز الحامض او القاعدة الضعيفين.
2. لو تمت الاضافة الى أكثر من لتر فان تركيز المضاف يحسب اولا وفق قانون المولارية $M = \frac{n}{V}$.
3. من الممكن ان يطلب ما التأثير الذي تحدثه اضافة الملح على درجة التفكك او النسبة المئوية ويكون حل السؤال في نفس الخطوات لكن عند الوصول الى تركيز$[H^+]$ او OH^-نطبق قانون الدرجة او النسبة المئوية قبل الاضافة وبعد الاضافة مع الانتباه الى ان التركيز الابتدائي هو نفسه في الحالتين ما يتغير هو التركيز عند الاتزان.
4. ليس شرط ان يعطي المضاف بعدد المولات او التركيز وانما يعطيه بالغرامات ويعطي له الكتلة المولية وعند ذلك لايجاد تركيزه نطبق القانون التالي $M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} \times V_L}$

تمرين 3-12 ما التأثير الذي تحدثه أضافة (0.5mol) من ملح كلوريد الامونيوم الى لتر من محلول الامونيا تركيزه 0.1 M على درجة تفكك القاعدة علما ان $K_b(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

للفائدة $\sqrt{1.8} = 1.3$

الحـــــل/ نحسب درجة التفكك قبل اضافة الملح

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.1	0	0
0.1 – X	X	X

$$K_b = \frac{[NH4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.1-X)}$$ ← يهمل

$$X^2 = 1.8 \times 10^{-6} \Rightarrow X = 1.3 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

نحسب درجة التفكك بعد اضافة الملح

لان الحجم لتر واحد $M = n = 0.5\ M$

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

NH_3	NH_4^+	OH^-
0.1	0	0
0.1 – X`	X`	X`

$$NH_4Cl \rightarrow NH_4^+ + Cl^-$$

NH_4Cl	NH_4^+	Cl^-
0.5	0	0
0	0.5	0.5

$$K_b = \frac{(0.5+X`)X`}{(0.1-X`)}$$ ← يهمل

$$X` = \frac{1.8 \times 10^{-5} \times 0.1}{0.5} = 3.6 \times 10^{-6}\ M = [H^+]$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

حل اخر خطوة الثانية مقبول وزاري

لان الحجم لتر واحد $M = n = 0.5\ M$

$$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$$

$$[OH^-] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.5]}$$

$$[OH^-] = 3.6 \times 10^{-6}$$

$$\text{درجة التفكك} = \frac{[OH^-]_{\text{عند الاتزان}}}{[NH_3]_{\text{الابتدائي}}} = \frac{3.6 \times 10^{-6}}{0.1} = 3.6 \times 10^{-5}$$

نلاحظ ان درجة تفكك القاعدة قد قد انخفضت بعد أضافة ملح كلوريد الامونيوم نتيجة نقص تركيز ايون الهيدروكسيد عند الاتزان



مثال أضافي19 ما هو التأثير الناتج من اضافة 6.5 g من ملح سيانيد البوتاسيوم KCN (65g / mol) الى 0.5L من حامض HCN تركيزه 0.2M علما ان $Ka = 5 \times 10^{-10}$ على PH الحامض log 5 = 0.7

الحـــــل/ نحسب PH للحامض قبل اضافة الملح

$$HCN \rightleftharpoons H^+ + CN$$

HCN		H^+	CN
0.2		0	0
0.2 - X		X	X

$$Ka = \frac{[H^+][CN^-]}{[HCN]}$$

$$5 \times 10^{-10} = \frac{X^2}{0.2}$$

$$X^2 = 1 \times 10^{-10}$$

$$X = 1 \times 10^{-5}\ M = [H^+]$$

$$PH = {}^-\log H$$

$$PH = -\log 10^{-5} = 5$$

نحسب PH بعد اضافة الملح

نحسب اولا تركيز الملح.

$$M(_{KCN}) = \frac{6.5\ g}{65\ g/mol \times 0.5} = 0.2M$$

$$PH = PKa + \log\frac{[sail]}{[asid]}$$

$$PKa = -\log Ka$$

$$PKa = {}^-\log 5 \times 10^{-10}$$

$$PKa = {}^-(\log 5 + \log 10^{-10})$$

$$PKa = -(0.7 - 10) = 9.3$$

$$PH = PKa + \log\frac{[0.2]}{[0.2]}$$

$$PH = 9.3 + \log 1 = 9.3 + 0 = 9.3$$

نلاحظ ان قيمة PHقد زادت بوجود الايون المشترك والسبب انخفاض قيمة Hنتيجة وجود الايون المشترك.

مثال أضافي20 ما هو التأثير الناتج من اضافة 0.2 mol من ملح بروميد الانيليوم $C_6H_5NH_3$ الى 400ml من الانيلين $C_6H_5NH_2$ تركيزه 0.25M علما ان $Kb = 4 \times 10^{-10}$ على PH القاعدة $\log 4 = 0.6$

الحل/ واجب للتأكد من صحة الحل الناتج PH قبل الاضافة =9 بعد الاضافة =4.3

3-8 المحاليل المنظمة (محلول بفر)

محلول بفر : محلول مائي مكون من مزيج لحامض ضعيف مع احد املاحه او قاعدة ضعيفة مع احد املاحها ويكون لهذا المزيج القابلية على مقاومة **الاس الهيدروجيني** PH عند أضافة كمية صغيرة من حامض قوي او قاعدة قوية.

عند اضافة كمية صغيرة من حامض قوي الى الماء تزداد تراكيز H^+ بينما لا تؤدي اضافة نفس الكمية من الحامض الى محلول بفر(حامض وملحه) زيادة ملحوظة والسبب ان ايون H^+ في محلول بفر لا يبقى حرا في المحلول حيث يتفاعل مع ايون الحامض الضعيف وبذلك لا تنخفض قيمة PH بل تبقى ثابتة.

محلول بفر يكون نوعين

1- حامض ضعيف وملحه وقانونه يكون بالصورة الأتية

$$PH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

2- قاعدة ضعيفة وملحها وقانونها يكون بالصورة الأتية

$$POH = PK_a + Log\frac{[salt]}{[base]}$$

حالات محلول بفر

1) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$$

المؤثر هو **الحامض القوي** الذي يطلق ايونات H^+ فيزداد تركيزها وبالتالي سيؤدي الى ترجيح التفاعل الخلفي حسب قاعدة لو شاتليه فيزداد تركيز الحامض ويقل تركيز الملح بمقدار الاضافة وسيكون القانون لهذه الحالة بالصورة التالية.

$$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

2) اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (حامض ضعيف وملحه)

لاحظ المعادلات التالية

$$CH_3COOH \rightleftharpoons CH_3COO^- + H^+$$
$$CH_3COONa \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+$$
$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

$$H^+ + OH^- \longrightarrow H_2O$$

المؤثر هو القاعدة القوية التي تطلق ايونات OH^- وتتحد مع ايونات H^+ الصادرة من الحامض الضعيف لانتاج الماء اي يقل تركيز $[H^+]$ وحسب قاعدة لو شاتليه يترجح التفاعل الامامي فيقل تركيز الحامض ويزداد تركيز الملح بمقدار الاضافة ويكون القانون كالاتي

$$PH = PK_a + Log\frac{[Salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$$

3) اضافة الحامض القوي الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$HCl \longrightarrow Cl^- + H^+$



H_2O

عند أضافة حامض HCl سوف يطلق ايونات $[H^+]$ التي ستتفاعل مع ايونات الهيدروكسيد لتكوين الماء وبالتالي يقل تركيز $[OH^-]$ ويترجح التفاعل الامامي للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز القاعدة ويزداد تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$$

4) اضافة القاعدة القوية الى محلول بفر (قاعدة ضعيفة وملحها)

لاحظ المعادلات التالية

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

$NH_4Cl \longrightarrow NH_4^+ + Cl^-$

$NaOH \longrightarrow Na + OH^-$

عند أضافة القاعدة سوف يطلق ايونات $[OH^-]$ التي تؤدي الى زيادة في ايونات $[OH^-]$ ويترجح التفاعل الخلفي لتعويض لزيادة الحاصلة حسب قاعدة لي شاتليه للقاعدة للتعويض عن النقص الحاصل فيقل تركيز الملح بقدر الاضافة.

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$$

خلاصة قوانين الايون المشترك وبفر

حامض ضعيف وملحه	قاعدة ضعيفة وملحها
$[H^+] = K_a \times \frac{[acid]}{[salt]}$	$[OH^-] = K_b \times \frac{[base]}{[salt]}$
$PH = PK_a + Log \frac{[salt]}{[acid]}$	$POH = PK_b + Log \frac{[salt]}{[base]}$
اضافة حامض قوي الى هذا النوع	اضافة حامض قوي الى هذا النوع
$PH = PK_a + Log \frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$	$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]+[H^+]}{[base]-[H^+]}$
اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع	اضافة قاعدة قوية الى هذا النوع
$PH = PK_a + Log \frac{[Salt]+[OH^-]}{[acid]-[OH^-]}$	$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]-[OH^-]}{[base]+[OH^-]}$

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر

مثال 3-14 أحسب تراكيز H^+ و PH لمحلول مكون من 0.1M حامض الخليك و 0.2M خلات الصوديوم علما ان $Ka = (CH_3COOH) = 1.8 \times 10^{-5}$ علما ان Log 9 = 0.954

الحـــــل/ المحلول محلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وعليه

$$[H^+] = Ka \times \frac{[acid]}{[salt]}$$

$$[H^+] = 1.8 \times 10^{-5} \times \frac{[0.1]}{[0.2]}$$

$$[H^+] = 0.9 \times 10^{-5}$$

$$[H^+] = 9 \times 10^{-6}\ M$$

$$PH = -\text{Log}\,[H^+]$$

$$PH = -(\text{Log}\ 9 \times 10^{-6})$$

$$PH = -\ (\text{Log}\ 9 \times 10^{-6})$$

$$PH = -(0.954 - 6) = 5.046$$

تمرين 3-13 احسب قيمة PH لمحلول يحتـــــوي NH_3 بتركيـــــز 0.15M و NH_4Cl بتركيز 0.3M وقارن النتيجة مع PH محلول الامونيا ذو تركيز 0.15M

علما ان $PK_b = 4.74$ (Log1.6=0.2)

(Log2= 0.3) $(\sqrt{2.7} = 1.6)$ (Log 1.8 =0.26)

الحــل/ المحلول الاول محلول بفر قاعدة ضعيفة وملحها

$$POH = PKb + \text{Log}\frac{[salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log}\frac{[0.30]}{[0.15]}$$

$$POH = 4.74 + \text{Log}\ 2$$

$$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$$

$$PH + POH = 14$$

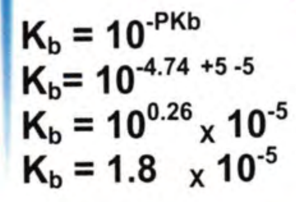
$$PH = 14 - POH = 14 - 5.04 = 8.96$$

المحلول الثاني محلول الامونيا فقط.

$$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$$

0.15	0	0
0.15 –X	X	X

يجب حساب K_b اعتماد على PK_b



$$K_b = 10^{-PKb}$$

$$K_b = 10^{-4.74 +5 -5}$$

$$K_b = 10^{0.26} \times 10^{-5}$$

$$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$$

تكملة تمرين (3- 13)

$$K_b = \frac{[NH_4^+][OH^-]}{[NH_3]}$$

$$K_b = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$$1.8 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{(0.15 - X)}$$

$$X^2 = 0.27 \times 10^{-5}$$

$$X^2 = 2.7 \times 10^{-6}$$

$$X = 1.6 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$$

$$POH = -\text{Log}\,[OH^-]$$

$$POH = -(\text{Log}\ 1.6 \times 10^{-3})$$

$$POH = -\ (\text{Log}\ 1.6 + \text{Log}\ 10^{-3})$$

$$POH = -(0.2 - 3) = 2.8$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 2.8 = 11.2$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 11.2 - 8.96 = 2.24$$

المقارنة:ـ نلاحظ ان PH قلت بوجود الامونيا والملح الحامضي لان الايون الموجب العائد للملح الحامضي NH_4Cl يتفاعل مع ايونات OH^- تقل OHتزداد Hتقل PH

تمرين 3-14 ما تركيز حامض الخليك في محلول يحوي اضافة الى الحامض ملح خلات الصوديوم بتركيز 0.3M علما ان قيمة PH للمحلول تساوي 4.31 و $Ka= 1.8 \times 10^{-5}$
Log 1.8 =0.26   Log0.37 = -0.43

الحـــل/ المحلول بفر من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PK_a + Log \frac{[Salt]}{[acid]}$$

$$PK_a = -(Log\ Ka) = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$

$$PK_a = -(Log\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$

$$PK_a = -(0.26 - 5) = 4.74$$

$$4.31 = 4.74 + Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$-0.43 = Log \frac{[0.3]}{[acid]}$$

$$Log\ 0.37 = Log \frac{0.3}{[acid]}$$

$$[acid] = \frac{0.3}{0.37} = 0.81$$

مثال (3-15) ماذا يجب ان يكون تركيز كلوريد الامونيوم في محلول يحتوي امونيا تركيز 0.1M لتكن قيمة PH = 9
($PK_b\ NH_3 = 4.74$).   Log 1.8 =0.26

الحـــل/ المحلول بفر من قاعدة ضعيفة وملحها
لذا يجب التحويل من PH الى POH

ملاحظة مهمة
بما ان المحلول يتكون من قاعدة وملحها الحامضي يتم التعامل مع POH وليس PH لذا قمنا بعملية التحويل

$$PH + POH = 14$$

$$POH = 14 - PH$$

$$POH = 14 - 9 = 5$$

$$POH = PK_b + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$5 = 4.74 + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$0.26 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$Log\ 1.8 = Log \frac{[Salt]}{0.1}$$

$$[Salt] = 1.8 \times 0.1 = 0.18\ mol/L$$

السؤال 3-12 احسب كتلة ملح خلات الصوديوم (M= 82g/mol) اللازم اضافتها الى لتر واحد من محلول 0.125M من حامض الخليك للحصول على محلول بفر تكون قيمة PH = 4.74 علما ان PKa=4.74

الحـــل/ يمكن حساب التركيز المولاري للملح من هذه العلاقة

$$PH = PKa + Log \frac{[salt]}{[acid]}$$

$$4.74 = 4.74 + Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$4.74 - 4.74 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$Log 1 = Log \frac{[salt]}{[0.125]}$$

$$[salt] = 0.125 \times 1 = 0.125M$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m_{(g)} = M_{(mol/L)} \times M_{(g/mol)} \times V_{(L)}$$

$$m_{(g)} = 0.125_{(mol/L)} \times 82_{(g/mol)} \times 1_{(L)} = 10.25\ g$$

السؤال 3-18 أحسب كتلة كلوريد الامونيوم (M=53.5g/mol) الواجب اضافتها الى 500 ml من محلول 0.15 M امونيا لجعل قيمة PH = 9 علما ان $Kb(NH_3) = 1.8 \times 10^{-5}$

Log 1.8 =0.26

الحل/

$$PK_b = -(Log\ K_b)$$
$$PK_b = -(Log\ 1.8 \times 10^{-5})$$
$$PK_b = -(\ 1.8 + Log\ 10^{-5})$$
$$PK_b = -(0.26 - 5) = 4.74$$
$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 9 = 5$$
$$POH = PKb + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$
$$5 = 4.74 + Log\frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$0.26 = Log\frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$Log1.8 = Log\frac{[salt]}{[0.15]}$$
$$[salt] = 0.15 \times 1.8 = 0.27M$$
$$V(L) = \frac{500\ mL}{1000\ ml/L} = 0.5L$$

نستخرج كتلة الملح من هذه العلاقة التالية

$$m(g) = M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L)$$
$$m(g) = 0.27(mol/L) \times 53.5(g/mol) \times 0.5(L) = 7.22\ g$$

السؤال (3-14) أذا كانت هناك حاجة لتحضير محلول بفر ذو PH= 9 ناتج من مزج NH_3 مع NH_4Cl كم يجب ان تكون النسبة بين $\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$ علما ان $PK_b = 4.74$ علما ان Log1.82 =0.26

الحل/ المحلول ناتج من قاعدة ضعيفة وملحها لذا يجب أيجاد قيمة POH

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH = 14 - 9 = 5$$
$$POH = PK_b + Log\frac{[salt]}{[base]}$$
$$5 = 4.74 + Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]}$$
$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 5 - 4.74$$
$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = 0.26$$
$$Log\frac{[NH4^+]}{[NH3]} = Log1.82$$



مثال اضافي21 ما عدد غرامات ومولات ملح سيانيد البوتاسيوم KCN(M=65g/mol) الواجب اضافتها الى 400ml من 0.2M حامض الهيدروسيانيك لجعل POH = 7.7 علما ان PKa =9.3

واجب / للتأكد من الحل الجواب- 0.0052 g 0.00008mol

الامثلة والتمارين واسئلة الكتاب الخاصة بمحلول بفر لثلاث مواد

ملاحظة مهمة جدا :- قبل الدخول الى مسائل اضافة الالكتروليت القوي الى الايون المشترك لتكوين المحلول المنظم من بفر تكون الاضافة 3 انواع.

1. **اضافة حجمية مولارية** حيث يعطى المضاف بحجم صغير جدا من 1ml – 10ml وتركيز كبير جدا (1M – 10M)
هنا قبل البدء بتطبيق القانون المناسب يجب أيجاد التركيز الجديد للمضاف من خلال العلاقة

$$M_1\ V_1 = M_2\ V_2$$

حجم بفر — التركيز الجديد للمضاف — حجم المضاف القوي قبل الاضافة — تركيز المضاف القوي قبل الاضافة

همسة1: ان V_2 هي بالحقيقة حجم المضاف + حجم بفر ولكن بما ان المضاف كمية قليلة جدا يهمل حجم المضاف ويعتبر V_2 هو حجم بفر المعطى بالسؤال.

همسة2: يجب ان يكون V_1 و V_2 بنفس الوحدة وانا كانتا مختلفتان بالوحدة يمكن تحويل اي منهما الى وحدة ml او L ويفضل بوحدة ال ml

2. **اضافة غرامية** حيث يعطى المضاف بوحدة g وتعطى الكتلة المولية له وحجم بفر بالسؤال هنا قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب أيجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة

$$M = \frac{m_{\text{المضاف}}}{M_{\text{المضاف}} \times V_{(L)\text{بفر}}}$$

3. **اضافة مولية** حيث يعطى المضاف بوحدة mol قبل البدء بتطبيق قانون بفر يجب أيجاد التركيز للمضاف من خلال العلاقة.

$$M = \frac{n_{\text{المضاف}}}{V_{(L)\text{بفر}}}$$

واحيانا يعطى المضاف بوحدة **مولاري صغير** ولا يعطى **حجم** له يطبق هذه الرقم مباشرة في القانون المناسب.

انتبه :- تأكد ان المضاف القوي احادي او ثنائي لانه اذا كان ثنائي لايجاد تركيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ نضرب تركيز الالكتروليت القوي الذي استخرجناه x 2 لان الذي يعوض القوانين هو تراكيز $[H^+]$ او $[OH^-]$ وليس تركيز الحامض او القاعدة.

مثال 3-16 أحسب قيمة PH بعد أضافة 1ml من حامض HCl تركيزه 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من حامض الخليك تركيزه 0.1M وخلات الصوديوم تركيزها 0.1M

علما ان $PKa = 4.74$ $Log8.1= 0.91$

الحل/ ان المضاف هو حامض الهيدروكلوريك يحسب له التركيز الجديد بعد الإضافة

$$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$

$$V_1M_1= V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V1\ \ M1}{V2} = \frac{1ml\ X\ 10M}{1000\ ml} = 0.01 =[H^+]$$

من معلومات السؤال هذا النوع هو اضافة حامض قوي لمحلول بفر مكون من حامض ضعيف وملحه وقانونه بالصورة التالية

$$PH = PKa\ + Log\ \frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 4.74\ + Log\ \frac{(0.10)-(0.01)}{(0.10)+(0.01)}$$

$$PH = 4.74\ + Log\ \frac{0.09}{0.11}$$

$$PH = 4.74\ + Log\ 0.81$$

$$PH = 4.74\ + Log\ 8.1\ x10^{-1}$$

$$PH = 4.74\ + (Log\ 8.1 + Log10^{-1})$$

$$PH = 4.74\ + (0.91 -1)$$

$$PH= 4.74 -(0.09)=4.65$$

خطوات حل هذا نوع من المسائل.

1) ان حجم الحامض القوي او القاعدة القوية المضاف سيتغير وبالتالي سيتغير تركيزهما وعليه يجب أيجاد التركيز الجديد بعد الاضافة باستخدام هذه العلاقة

$$V_1\ M_1\ \ = \ \ V_2\ M_2$$

قبل الاضافة   بعد الاضافة

2) المفروض ان V_2 = حجم الحامض+حجم محلول بفر ولكن اذا كان حجم المضاف صغير جدا من 1ml الى 5ml فتهمل هذه الاضافة ويكون V_2 هو نفسه حجم المحلول.

3) بعد الانتهاء من أيجاد تركيز المضاف نحدد اي نوع من الانواع الاربعة ونطبق له القانون المناسب.

4) الحامض او القاعدة المضاف تركيزهما الجديد هو من سيعوض مكان $[H^+]$ او $[OH^-]$ في القانون المناسب.



تمرين (3-15) احسب قيمة PH

أ) للتر من محلول بفر مكون من الامونيا بتركيز 0.1M وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M

ب) لنفس المحلول لكن بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M ثم احسب التغير في PH وناقش النتيجة علما ان $PK_b = 4.74$ Log 1.5 = 0.18

أ) الحــل / المحلول مكون من قاعدة ضعيفة وملحها وقانونه سيكون بالصورة التالية

$$POH = PKb + Log \frac{[Salt]}{[base]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.1}{0.1}$$

$$POH = 4.74$$

$$PH + POH = 14$$

$$PH = 14 - POH$$

$$PH = 14 - 4.74 = 9.26$$

حــل فرع ب) ان المضاف هو حامض الكبريتيك القوي ويحسب له التركيز بعد الاضافة

$$V_2 = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$

$$V_1M_1 = V_2M_2$$

$$M_2 = \frac{V1\ M1}{V2} = \frac{1ml \times 10M}{1000\ ml} = 0.01\ M\ [H_2SO_4]$$

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+$$

H_2SO_4	$2H^+$
0.01	0
0	0.02

$$POH = PKb + Log \frac{[Salt] + [H^+]}{[base] - [H^+]}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{(0.1) + (0.02)}{(0.1) - (0.02)}$$

$$POH = 4.74 + Log \frac{0.12}{0.08}$$

$$POH = 4.74 + Log 1.5$$

$$POH = 4.74 + 0.18 = 4.92$$

$$PH = 14 - 4.92 = 9.08$$

$$\Delta PH = 9.08 - 9.26 = -0.18$$

المناقشة:- ان المؤثر هو الحامض الذي يطلق ايونات H^+ فيتحد مع ايونات OH^- وبالتالي يقل تركيز OH^- يزداد تركيز H^+ يقل PH لان العلاقة عكسية.

ملاحظة من نار :- قد ياتي السؤال اعلاه بهذه الصيغة الاتية احسب مقدار التغير في PH بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيز 10 M الى لتر من محلول بفر مكون من الامونيا وكلوريد الامونيوم بتركيز 0.1M.

حل السؤال يكون ايضا بايجاد PH قبل الاضافة و PH بعد الاضافة اي الحل بنفس الخطوات

خل نحجيها بالعامية في مسائل بفر من نشوف احسب مقدار التغير في PH نحل بفر ابو مادتين وبفر ابو 3 مواد.

سؤال (13-3) أ- ما قيمة الاس الهيدروجيني لمزيج بفري مكون من حامض النتروز HNO_2 بتركيز 0.12M ونتريت الصوديوم $NaNO_2$ بتركيز 0.15M علما ان $Ka=4.5 \times 10^{-4}$

للفائدة (Log4.5 = 0.65) - (Log1.25 = 0.1) - (Log1.84 = 0.265)

الحل/ المحلول بفر ناتج من حامض ضعيف وملحه

$$PH = PKa + Log\frac{[salt]}{[acid]}$$

$$PKa = -(Log\ Ka)$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 \times 10^{-4})$$

$$PKa = -(Log\ 4.5 + Log\ 10^{-4})$$

$$PKa = -(0.65 - 4) = 3.35$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{[0.15]}{[0.12]}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.25$$

$$PH = 3.35 + 0.1 = 3.45$$

ب) أحسب قيمة PH المحلول الناتج بعد أضافة 1.0g من هيدروكسيد الصوديوم NaOH كتله المولية 40g/mol الى لتر واحد من محلول بفر اعلاه.

$$M = \frac{m_{(g)}}{M_{(g/mol)} X\ V_L}$$

$$M = \frac{1m_{(g)}}{40_{(g/mol)} \times 1_L} = 0.025\ M$$

ان المضاف هو قاعدة قوية الى محلول بفري حامض ضعيف وملحه وعليه القانون سيكون

$$PH = PKa + Log\frac{[Salt] + [OH^-]}{[acid] - [OH^-]}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{[0.15] + [0.025]}{[0.12] - [0.025]}$$

$$PH = 3.35 + Log\frac{(0.175)}{(0.095)}$$

$$PH = 3.35 + Log\ 1.84$$

$$PH = 3.350 + 0.265 = 3.615$$

مثال اضافي 22 احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.6M) بعد اضافة 0.1 mol من H_2CrO_4 الى لتر من المحلول .

علما ان : $PKa = 7.3$ $\log3 = 0.47$ $\log2 = 0.3$

الحـــــل/ اولا ايجاد PH قبل الاضافة

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]}{[acid]}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6}{0.4}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6}{0.4}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{3}{2}$$

$$PH = 7.3 + (\log3 - \log2)$$

$$PH = 7.3 + (0.47 - 0.30)$$

$$PH = 7.3 + 0.17$$

$$PH_1 = 7.47$$

ثانيا ايجاد PH بعد الاضافة

لان الحجم لتر واحد $[H_2CrO_4] = n = 0.1M$

$$[H^+] = 0.1 \times 2 = 0.2M$$

وعليه

$$PH = PKa + \log\frac{[Salt]-[H^+]}{[acid]+[H^+]}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{0.6-0.2}{0.4+0.2}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{0.4}{0.6}$$

$$PH = 7.3 + \log\frac{2}{3}$$

$$PH = 7.3 + (\log2 - \log3)$$

$$PH = 7.3 + (0.30 - 0.47)$$

$$PH_2 = 7.30 + (-0.17) = 7.13$$

$$\Delta PH = PH_2 - PH_1$$

$$\Delta PH = 7.13 - 7.47$$

$$\Delta PH = -0.34$$

المناقشة ان طلبت : نلاحظ ان PH قلت باضافة حامض H_2CrO_4 لانه يعطي ايونات H^+ التي تتفاعل مع OH^- تقل OH^- تزداد H^+ وبذلك يقل PH.

مثال اضافي 23 احسب مقدار التغير في PH محلول بفر مكون من قاعدة ضعيفة 0.2M وملحها 0.5M بعد اضافة 3.7 g من $Ca(OH)_2$ (M = 74g/mol) الى لتر من المحلول ؟

علما ان $PK_b=5.9$ Log2 = 0.3 Log3 = 0.47 log5 = 0.7 log4 = 0.6

واجب / للتأكد من الحل الجواب . ΔPH =0.27

مثال اضافي 24 ما عدد مولات هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ اللازم اضافتها الى لتر من محلول قاعدة ضعيفة (0.2M) وملحها (0.6M) لتصبح قيمة PH = 8.07

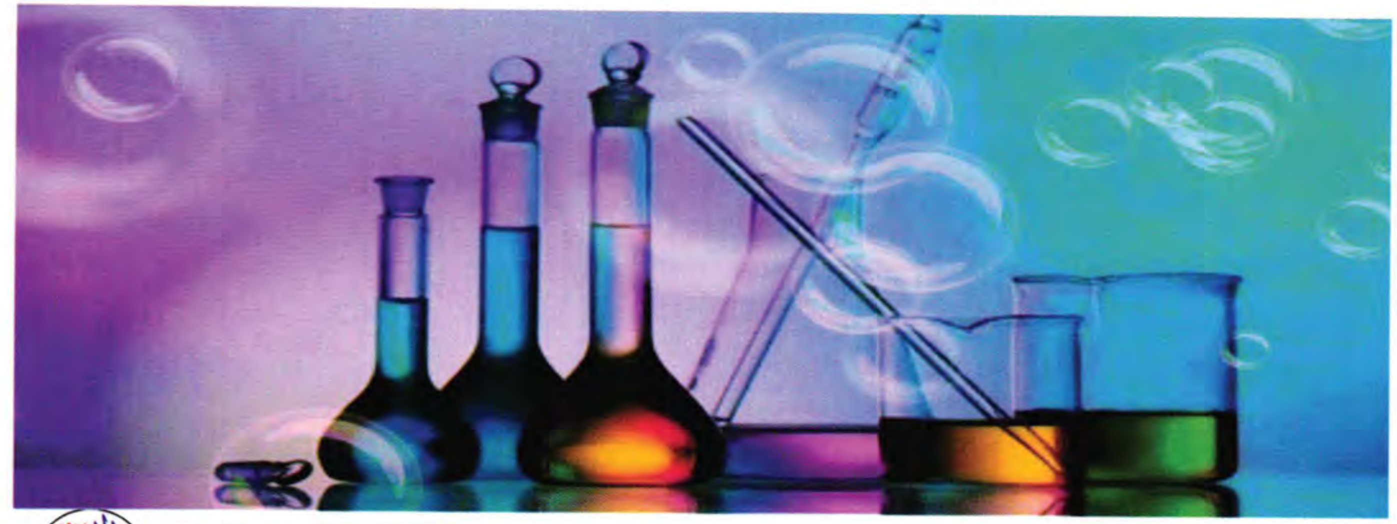
علما ان $Kb = 4 \times 10^{-7}$ $\log 4 = 0.6$ $\log \frac{1}{3} = 0.47$

الحـــل / المحلول بفر لثلاث مواد من قاعدة ضعيفة وملحها والمضاف قاعدة قوية

$$POH = PK_b + \log \frac{[sail]-[O\bar{H}]}{[sail]-[O\bar{H}]}$$

$$PH + POH = 14$$
$$POH = 14 - PH$$
$$POH = 14 - 8.7 = 5.93$$
$$PK_b = -\log Kb$$
$$PK_b = -(\log 4 \times 10^{-7})$$
$$PK_b = (\log 4 + \log 10^{-7})$$
$$PK_b = -(0.6 - 7) = 6.4$$
$$5.93 = 6.40 + \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$5.93 - 6.40 = \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$-0.47 = \log \frac{0.6-X}{0.2+X}$$
$$\log \frac{1}{3} = \log \frac{0.6-x}{0.2+x}$$
$$0.2 + x = 1.8 - 3x$$
$$4X = 1.6$$
$$X = \frac{1.6}{4} = 0.4\ M = [OH^-]$$
$$Ba(OH)_2 = \frac{0.4}{2} = 0.2M$$
$$n\ Ba(OH)_2 = 0.2\ mol/L \times 1L = 0.2\ mol$$

ملاحظة كلش
انتبه جيدا انتبه مرة اخرى من يريد تركيز قاعدة قوية ثنائية وحصلنا تركيز OH^- اهنا نقسم على 2 مو نضرب في 2 اما من عدنا تركيز القاعدة القوية الثنائية ونريد تركيز ال OH^- بهاي الحالة نضرب في 2



مثال اضافي 25 ما هي كتلة حامض H_2SO_4 (M = 98 g / mol) اللازم اضافتها الى 600 ml من محلول بفر مكون من حامض ضعيف (0.4M) وملحه (0.8M) لتصبح PH = 7.3

علما ان $Ka = 5.10^{-8}$ و log5 = 0.7

واجب / للتأكد من الحل الجواب 5.88g

التخفيف او ما يعرف بالإضافة او المزج

ملاحظات عن التخفيف او ما يعرف بالتخفيف.

هناك 3 انواع في المنهاج تخص التخفيف او المزج وهي

أ- النوع الاول أضافة حامض او قاعدة قويين او ضعيفين الى حجم معين من الماء.

خطوات حل النوع الاول.

1. نحسب V_2 وهو حجم الحامض او القاعدة + حجم الماء ولكن ان كان المضاف حجم قليل جدا فنعتبر حجم الماء هو V_2
2. نطبق قانون التخفيف المعروف (بعد الاضافة) $V_1 M_1 = V_2 M_2$ (قبل الاضافة)

بعد ايجاد التركيز الجديد للالكتروليت المعطى بالسؤال نجد المطلوب من السؤال بالخطوات السابقة المعروفة للالكتروليت .

ب- النوع الثاني أضافة حامض قوي الى قاعدة قوية.

خطوات حل النوع الثاني.

1. نحسب V_2 بعد الاضافة وبالصورة التالية

$$V_2 = V_{(حامض)} + V_{(قاعدة)}$$

M_1V_1(الحامض المعطى في السؤال) $= M_2 V_2$ ⟹ سيتكون لدينا تركيز الحامض الجديد

M_1V_1(القاعدة المعطى في السؤال) $= M_2 V_2$ ⟹ سيتكون لدينا تركيز القاعدة الجديد

2. بعد حساب التراكيز الجديدة لكل من الحامض القاعدة نكتب معادلة تفكك الحامض والقاعدة ومنهما نستخرج تراكيز ال $[H^+]$ و $[OH^-]$ وننقص التركيز الاكبر من التركيز الأصغر.
3. اذا كان ال $[OH^-]$ هو الاكبر نحسب ال POH ومنه ال PH علما ان الحساب يكون للمتبقي من $[OH^-]$ اما اذا كان ال $[H^+]$ هو الأكبر نحسب ال PH والحساب يكون للمتبقي من $[H^+]$.

اذا كانت التراكيز متساوية نقول المحلول متعادل و PH=7 وينتهي حل السؤال

جـ. النوع الثالث اضافة الكتروليت ضعيف(حامض او قاعدة) الى الكتروليت قوي(حامض او قاعدة)

خطوات حل النوع الثالث.

1. نحسب V_2 بعد الاضافة وبالصورة التالية

$$V_2 = V_{(حامض)} + V_{(قاعدة)}$$

M_1V_1(الحامض المعطى في السؤال) $= M_2 V_2$ ⟹ سيتكون لدينا تركيز الحامض الجديد

M_1V_1(القاعدة المعطى في السؤال) $= M_2 V_2$ ⟹ سيتكون لدينا تركيز القاعدة الجديد

2. بعد حساب التراكيز الجديدة نقارن بينهما

أ- اذا كانت متساوية سيتكون لدينا ملح تابع للالكتروليت الضعيف وتراكيز الحامض والقاعدة ستختفي نهائيا وبذلك سنطبق قانون التمذوب المناسب حيث سيكون تركيز الملح الالكتروليتي C مساوي لتركيز الحامض او القاعدة ويفضل كتابه معادلة.

ب- اذا كانت مختلفة وسيكون في منهاجنا دائما الالكتروليت الضعيف هو الاكبر سيختفي تركيز الالكتروليت القوي نهائيا وسيصبح لدينا محلول مكون من ملح تابع للالكتروليت الضعيف (تركيزه مساوي لتركيز الالكتروليت القوي) والمتبقي من (تركيز الالكتروليت الضعيف) اي محلول بفر لمادتين حامض ضعيف وملحه او قاعدة ضعيفة وملحها

حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الاول / اضافة حامض او قاعدة الى ماء

سؤال 3-2 جد مقدار التغيير في قيمة PH للماء عند اضافة الى لتر منه المحاليل التالية

1mL من HCl تركيزه 10 M

الحل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا PH =7

$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

HCl	→	H^+
0.01		0
0		0.01

$[H^+] = 0.01\ M = 10^{-2}\ M$

$PH = -\log [H^+]$

$PH = -\log 10^{-2}$

$PH = 2$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 2 - 7$

$\Delta PH = -5$

1mL من NaOH تركيزه 10 M

الحل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا PH =7

$V_{(H_2O)} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{10 \times 1}{1000} = 0.01\ M$

NaOH	→	OH^-
0.01		0
0		0.01

$[OH^-] = 0.01\ M = 10^{-2}\ M$

$POH = -\log [H^+]$

$POH = -\log 10^{-2}$

$POH = 2$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH \Rightarrow PH = 14 - 2 = 12$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 12 - 7$

$\Delta PH = 5$

سؤال 3-28 احسب قيمة الاس الهيدروجيني لمحلول نتج من تخفيف 1ml من 13.6M من حامض HCl الى لتر من الماء. علما ان Log1.36 = 0.133

الحل / بما انه تم تخفيف الحامض يحسب له التركيز الجديد

$V(H_2O) = 1L \times 1000\ ml/L = 1000mL$

$M_1 V_1 = M_2 V_2 \longrightarrow M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2} = \frac{13.6 \times 1}{1000} = 0.0136 = 1.36 \times 10^{-2}\ M$

HCl	→	H^+	+	Cl^-
1.36×10^{-2}		0		0
0		1.36×10^{-2}		1.36×10^{-2}

$PH = -\log [H^-]$

$PH = -(\log 1.36 \times 10^{-2})$

$PH = -(\log 1.36 + \log 10^{-2})$

$PH = -(0.133 - 2) = 1.867$

الاثرائيات الخاصة بالنوع الاول / اضافة حامض او قاعدة الى ماء

مثال اضافي 26 احسب التغير في PH الماء بعد اضافة محلول امونيا تركيزه 2M وحجمه 100ml الى 0.9L من الماء المقطر

$K_b = 2 \times 10^{-5}$

الحل/

بما ان الاضافة الى الماء اذا $PH_1 = 7$

$V_{(NH_3)} = 0.9L \times 1000\ ml/L = 900mL$

$V_2 = V_{(H_2O)} + V_{(NH_3)}$

$V_2 = 900 + 100 = 1000ml$

$M_1 V_1 = M_2 V_2$

$M_2 = \frac{M_1 V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{2 \times 100ml}{1000ml} = 0.2\ M$

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4 + OH^-$

0.2	0	0
0.2-X	X	X

$Kb = \frac{[NH_4][OH^-]}{[NH_3]}$

$2 \times 10^{-5} = \frac{X^2}{0.2}$

$X^2 = (2 \times 10^{-5})(2 \times 10^{-1})$

$X^2 = (4 \times 10^{-6})$ ناخذ الجذر التربيعي

$X = 2 \times 10^{-3}\ M = [OH^-]$

$POH = -\log OH^-$

$POH = -(\log 2 \times 10^{-3})$

$POH = -(\log 2 + \log 10^{-3})$

$POH = -(0.3-3) = 2.7$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH_2 = 14 - 2.7 = 11.3$

$\Delta PH = PH_2 - PH_1$

$\Delta PH = 11.3 - 7$

$\Delta PH = 4.3$

مثال اضافي 27 احسب التغير في PH الماء بعد اضافة حامض الخليك تركيزه 4M وحجمه 5ml الى 1L من الماء المقطر

$K_a = 2 \times 10^{-5}$

واجب / للتأكد من الحل الجواب $\Delta PH = -3.78$

حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الثاني / اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية

سؤال 3-6 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

1- 10ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M = [H^+]$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NaOH)\text{بعد الاضافة}}$

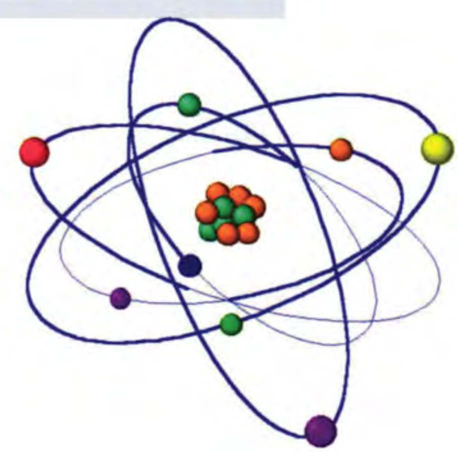
$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M = [OH^-]$

بما ان الحامض قوي والقاعدة قوية وبعد التخفيف اصبحا بنفس التركيز هذا يعني ان المحلول متعادل اي ان قيمة

PH =7





2- 15ml من NaOH تركيزه 0.1M

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{25\ mL} = 0.04M = [H^+]$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NaOH)\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 15\ mL}{25\ mL} = 0.06M = [OH^-]$

نلاحظ ان تركيز القاعدة اكبر من تركيز الحامض وعليه يكون المحلول قاعدي ويحسب له PH بعد حساب المتبقي من تركيز OH^- حيث

$[OH^-]_{\text{المتبقي}} = [OH^-] - [H^+]$

$[OH^-]_{\text{المتبقي}} = 0.06 – 0.04 = 0.02M$

$POH = - Log [OH^-]$

$POH = - Log\ 0.02$

$POH = - Log\ 2 \times 10^{-2}$

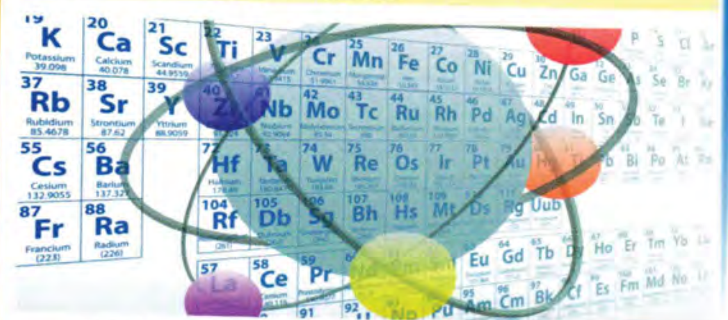
$POH = - (Log\ 2 + Log\ 10^{-2})$

$POH = - (0.3 - 2)$

$POH = 1.7$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 – 1.7 = 12.3$



سؤال (3-24) أحسب قيمة PH لمحلول ناتج من مزج 26 mL من 0.2M من هيدروكسيد الصوديوم مع 50mL من 0.1M من حامض HCl ؟ Log5 =0.7

الحل/

$$V_2 = V_{(حامض)} + V_{(قاعدة)}$$
$$= 50 + 26 = 76\ mL$$

نحسب التركيز الجديد للحامض

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$
$$M_2 = \frac{0.1 \times 50}{76} = \frac{5}{76} = 0.066\ M$$

نحسب التركيز الجديد للقاعدة

$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$$
$$M_2 = \frac{0.2 \times 26}{76} = \frac{5.2}{76} = 0.068\ M$$

الان نقوم بحساب تراكيز ال $[H^+]$ وال $[OH^-]$ بعد المزج ونعمل مقارنة بينهما.

HCl	$\longrightarrow$	H^+	+	Cl^-
0.066		0		0
0		0.066		0.066

$[H^+] = 0.066M$

$NaOH$	$\longrightarrow$	Na^+	+	OH^-
0.068		0		0
0		0.068		0.068

$[OH^-] = 0.068M$

$[OH^-]_{المتبقي} = [OH^-] - [H^+]$

$[OH^-]_{المتبقي} = 0.068 - 0.066 = 0.002 = 2 \times 10^{-3}\ M$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$

$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[2 \times 10^{-3}]} = \frac{10 \times 10^{-15}}{[2 \times 10^{-3}]} = 5 \times 10^{-12}\ M$

$PH = -\ Log\ [H^+]$

$PH = -(\ Log\ 5 \times 10^{-12})$

$PH = -(\ Log\ 5 + Log\ 10^{-12})$

$PH = -\ (0.7 - 12) = 11.3$

الاثرائيات الخاصة بالنوع الثاني / اضافة حامض قوي الى قاعدة قوية

مثال اضافي 28 احسب PH لمحلول ناتج من اضافة 15ml من حامض H_2CrO_4 تركيزه 0.2M الى 45ml من NaOH تركيزه 0.1M؟

Log2-5=0.4

الحل/

$V_2 = V(H_2CrO_4) + V\ NaOH$

$V_2 = 45 + 15$

$V_2 = 60\ ml$

نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(H2CrO4)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\ (H2CrO4)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{0.2M \times 15\ ml}{60\ ml}$$

$$M_2 = \frac{3}{60\ mL} = 0.05M$$

$[H^+] = 0.05 \times 2 = 0.1M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\ NaOH)}$ بعد الاضافة

$$M_2 = \frac{0.1M \times 45\ ml}{60\ ml}$$

$$M_2 = \frac{45}{600} = 0.075\ M$$

$[H^+] = 0.1 - 0.075$

$[H^+] = 0.100 - 0.075 = 0.025 = 2.5 \times 10^{-2}M$

$PH = -Log[H^+]$

$PH = -(Log\ 2.5 \times 10^{-2})$

$PH = -(Log\ 2.5 + Log\ 10^{-2})$

$PH = -(0.4 - 2) = 1.6$

تعلمت من طبيعة الروابط الكيمائية ان بعض الروابط التي تجمعنا مع الاصدقاء اما ان تكون روابط قويه صامدة طال الزمن او قصر والبعض روابط ضعيفة ما ان تتدخل عوامل خارجيه الا وتفصلها عن بعض

مثال اضافي 28 احسب PH لمحلول ناتج من اضافة 20ml من حامض HCl تركيزه 0.3M الى 20ml من $Ca(OH)_2$ تركيزه 0.2M؟

علما ان Log2=0.3

الحل/ واجب والناتج سيكون كالاتي PH=12.7

حل اسئلة الفصل الخاصة بالنوع الثالث / اضافة الكتروليت ضعيف الى الكتروليت قوي

سؤال 3-6 ما قيمة PH لكل من المحاليل المحضرة باضافة 10ml من HCl تركيزه 0.1M الى

1- 10ml من NH_3 تركيزه 0.1M

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ Log1.8 =0.26 Log5=0.7

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 10ml = 20ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\,\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NH3)\,\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{20\ mL} = 0.05M$

نلاحظ ان تركيز الحامض القوي مساوية لتركيز القاعدة الضعيفة وعليه المحلول الناتج هو ملح حامضي فقط

NH_3	+ HCl	⟶	NH_4Cl
0.05	0.05		0
0	0		0.05

ينطبق عليه القانون التالي

$PH = \frac{1}{2}[P_{Kw} - P_{Kb} - LogC]$

$P_{Kw} = 14$

$P_{Kb} = -Log_{Kb}$

$P_{Kb} = -(Log1.8 \times 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]$= 0.05 = 5 \times 10^{-2}$ M

$Log\ C = Log\ 5 \times 10^{-2}$

$Log\ C = Log\ 5 + Log10^{-2}$

$Log\ C = 0.7 - 2 = -1.3$

$PH = \frac{1}{2}[14 - 4.74 + 1.3]$

$PH = PH = \frac{10.56}{2} = 5.28$

2- 15ml من NH_3 تركيزه 0.1M

$K_b = 1.8 \times 10^{-5}$ Log1.8 =0.26 Log2=0.3

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{HCl} + V_{NaOH}$

$V_2 = 10ml + 15ml = 25ml$

$M_1V_{1(HCl)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(HCl)\,\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 10\ mL}{25\ mL} = 0.04M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)\text{قبل الاضافة}} = M_2V_{2\,(NH3)\,\text{بعد الاضافة}}$

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 15\ mL}{25\ mL} = 0.06M$

نلاحظ ان تركيز القاعدة الضعيفة اكبر من تركيز الحامض القوي وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون الملح المتعادل والمتبقي من القاعدة الضعيفة

NH_3	+ HCl	⟶	NH_4Cl
0.06	0.04		0
0.02	0		0.04

ينطبق عليه القانون التالي

$POH = P_{Kb} + Log\frac{[salt]}{[base]}$

$P_{Kb} = -Log_{Kb}$

$= -(Log1.8 \times 10^{-5})$

$P_{Kb} = -(Log1.8 + Log10^{-5})$

$P_{Kb} = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]= 0.04M [القاعدة]= 0.02 M

$POH = 4.74 + Log\frac{0.04}{0.02}$

$POH = 4.74 + Log2$

$POH = 4.74 + 0.3 = 5.04$

$PH + POH = 14$

$PH = 14 - POH$

$PH = 14 - 5.04 = 8.96$

سؤال3-23 عند اضافة 25ml من 0.2M NaOH مع 50ml من 0.1M من CH_3COOH ماذا ستكون قيمة PH للمحلول الناتج.

$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ Log1.8 =0.26 Log6.7=0. 82

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{CH3COOH} + V_{NaOH}$

$V_2 = 50ml + 25ml = 75ml$

$M_1V_{1(CH3COOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 50\ mL}{75\ mL} = 0.067M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NH3)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\ (NH3)}$ بعد الاضافة

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.2\ M\ x\ 25\ mL}{75\ mL} = 0.067M$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف مساوي لتركيز القاعدة القوية وعليه المحلول الناتج هو ملح قاعدي فقط

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa$

CH_3COOH	$NaOH$	CH_3COONa
0.067	0.067	0
0	0	0.067

ينطبق عليه القانون التالي

$PH = \frac{1}{2}[P_{Kw} + P_{Ka} + LogC]$

$PK_w = 14$

$PK_a = - Log_{Ka}$

$PK_a = -(Log1.8 \times 10^{-5})$

$PK_a = - (Log1.8 + Log10^{-5})$

$PK_a = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]= $0.067 = 6.7 \times 10^{-2}$ M

$Log\ C = Log\ 6.7 \times 10^{-2}$

$Log\ C = Log\ 6.7 + Log10^{-2}$

$= 0.82 - 2 = - 1.18$

$PH = \frac{1}{2}[14 + 4.74 - 1.18]$

$PH = \frac{17.56}{2} = 8.78$

سؤال3-22/ كم ستكون قيمة PH محلول ناتج من مزج 20ml من 0.2M NaOH مع 50ml من 0.1M من CH_3COOH

$K_a = 1.8 \times 10^{-5}$ Log1.8 =0.26 Log4=0. 6

الحل/ نحسب تركيز الحامض الجديد بعد الاضافة

$V2 = VCH_3COOH + VNaOH$

$V2 = 50ml + 20ml = 70ml$

$M_1V_{1(CH3COOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.1\ M\ X\ 50\ mL}{70\ mL} = 0.071M$

نحسب تركيز القاعدة الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(NaOH)}$ قبل الاضافة $= M_2V_{2\ (NaOH)}$ بعد الاضافة

$M_2 = \frac{M_1V_1}{V_2}$

$M_2 = \frac{0.2\ M\ x\ 20\ mL}{70\ mL} = 0.057M$

نلاحظ ان تركيز الحامض الضعيف اكبر من تركيز القاعدة القوية وعليه المحلول المتكون هو محلول بفر مكون من الملح القاعدي والمتبقي من الحامض الضعيف

$CH_3COOH + NaOH \longrightarrow CH_3COONa$

CH_3COOH	$NaOH$	CH_3COONa
0.071	0.057	0
0.014	0	0.057

ينطبق عليه القانون التالي

$PH = PKa + Log\frac{salt}{acid}$

$PKa = - LogKa$

$PKa = -(Log1.8 \times 10^{-5})$

$PKa = - (Log1.8 + Log10^{-5})$

$PKa = -(0.26 - 5) = 4.74$

[الملح]= 0.057M [الحامض]= 0.014 M

$PH = 4.74 + Log\frac{0.057}{0.014}$

$PH = 4.74 + Log4$

$PH = 4.74 + 0.6 = 5.34$

الذوبانية وثابت حاصل الاذابة

الذوبانية : هي عدد مولات المادة الصلبة التي تذوب في لتر واحد من المحلول اي انها تمثل حالة اتزان بين المادة الصلبة ومحلول المادة.

س/ على ماذا يعتمد قابلية الذوبان لكل مادة ايونية خاصة الاملاح في الماء.

ج/ 1ـ الفرق في مقدار الطاقة للازمة لكسر الاواصر بين الايونات المكونة للمادة

2 ـ ومقدار ما ينتج من طاقة نتيجة انتشار هذه الايونات في الماء وتميؤها.

يمكن وصف عملية ذوبان مركب ايوني في الماء بالصورة التالية وايجاد الثابت له ايضا

$$AB_{(s)} + H_2O \rightleftharpoons A^{+}_{(aq)} + B^{-}_{(aq)}$$

و لكون المركب شحيح الذوبان في الماء لذا يمكن اعتبار قيمة AB تبقى ثابته لا تتغير لتفكك جزء صغير منها وايضا كما هو معلوم قيمة الماء ثابتة ايضا لذا يدخلان مع قيمة ثابت الحاصل الايوني.

$$K_{sp} = [A^{+}][B^{-}]$$

K_{sp} (هو ثابت حاصل الذوبان وهو قيمة ثابته عند ثبوت درجة الحرارة يمثل حاصل ضرب التراكيز المولارية للايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان عند حالة الاتزان كل منها مرفوع لاس مساو لعدد المولات بالمعادلة الكيميائية الموزونة والتي تعبر عن تفكك المركب)

س/ ماذا نقصد بالذوبانية المولارية وكيف يمكن تحويل الذوبانية بوحدة g/L الى الذوبانية المولارية.

ج/ وهي التركيز المولاري للايونات الناتجة من تفكك الملح في المحلول عند الاتزان ووحدتها (mol/L) ويرمز لها (S) وتحول من الغرامية الى وحدتها باستخدام القانون.

$$S_{(mol/L)} = \frac{S(g/L)}{M(g/mol)}$$

ولإيجاد التركيز الغرامي من المولاري يصبح القانون بالصورة التالية

$$S\ (g/L) = S(mol/L) \times M(g/Mol)$$

س / اكتب التعبير لثابت حاصل الاذابة لأملاح

أ) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل AgCl او $BaSO_4$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}] = S \times S \rightarrow K_{SP} = S^2$$

$$AgCl \rightleftharpoons Ag^{+} + Cl^{-}$$

S S

$$K_{SP} = [Ag^{+}][Cl^{-}] = S \times S \rightarrow K_{SP} = S^2$$

ب) ملح أحادي – أحادي التكافؤ او ثنائي – ثنائي التكافؤ مثل $Zn(OH)_2$ او CaF_2

$$ZN(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^{-}$$

S 2S

$$K_{SP} = [Zn^{+2}][OH^{-}]^2 = S \times (2S)^2 \rightarrow K_{SP} = 4S^3$$

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^{-}$$

S 2S

$$K_{SP} = [Ca^{+2}][F^{-}]^2 = S \times (2S)^2 \rightarrow K_{SP} = 4S^3$$

ملاحظات حسابية قبل الدخول الى مسائل الذوبانية.

1- القواعد أعلاه تطبق على الاملاح شحيحة الذوبان.

2- نحن نعرف ان هذا الملح شحيح الذوبان عندما يعطي في السؤال قيمة K_{sp} او تكون مجهولة.او حينما يطلب حاصل الذوبان (الاذابة)

3- معادلة ملح شحيح الذوبان تتطلب $\rightleftharpoons$

4- للتذكير الذوبانية تكون بالتركيز المولاري (mol/L) وعندما تعطي بوحدة التركيز الغرامي g/L تحول وفق هذه العلاقة

$$S(mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)}$$

الاسئلة والتمارين والامثلة الخاصة بالتطبيق المباشر لمسائل الذوبانيه

مثال (3-17) ما هي الذوبانية المولارية لمحلول ملح كبريتات الرصاص $PbSO_4$ اذا علمت ان حاصل الذوبان لهذا الملح $K_{sp}= 1.6 \times 10^{-8}$. (للفائدة $\sqrt{1.6}$ =1.26)

الحل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$PbSO_4 \rightleftharpoons \underset{S}{Pb^{+2}} + \underset{S}{SO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = [Pb^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.6 \times 10^{-8}$$ نجذر الطرفين

$$S = 1.26 \times 10^{-4}\ mol/L$$

تمرين (3-17) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بدلالة g/L لمحلول كلوريد الفضة AgCl (M=143.5g/mol) علما ان حاصل الذوبان الملح $KSp= 1.8\times10^{-10}$ (للفائدة $\sqrt{1.8}$ =1.34)

الحل/ نكتب معادلة ذوبان الملح

$$AgCl \rightleftharpoons \underset{S}{Ag^{+}} + \underset{S}{Cl^{-}}$$

$$K_{sp} = [Ag^{+}][Cl^{-}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$S^2 = 1.8 \times 10^{-10}$$ نجذر الطرفين

$$S = 1.34 \times 10^{-5}\ mol/L$$

نجد الذوبانية بدلالة g /L من العلاقة التالية

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol)$$

$$S(g/L) = 1.34\times10^{-5} mol/L \times 143.5 g/mol$$

$$= 1.93 \times 10^{-3}\ g/L$$

مثال(3-18) أحسب قيمة ثابت حاصل الاذابة K_{sp} لملح كبريتات الباريوم $BaSO_4$ (233g/mol) اذا علمت ان لتر واحد من محلوله المشبع يحوي 0.0025g من الملح.

الحل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\ (mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.0025\ g/L}{233\ g/mol} = \frac{0.00250\ g/L}{233\ g/mol}$$

$$S\ (mol/L) = \frac{250 \times 10^{-5}}{233} = 1.1 \times 10^{-5}\ mol/L$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons \underset{S}{Ba^{+2}} + \underset{S}{SO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S = S^2$$

$$K_{sp} = (1.1 \times 10^{-5})^2$$

$$K_{sp} = 1.21 \times 10^{-10}$$

تمرين(3-16) اذا علمت ان لتر واحد من محلول كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M=332g/mol) يحوي 0.0215g احسب ثابت حاصل الذوبان لهذا الملح.

الحل/ نحول الوحدات الى وحدات المولارية

$$S\ (mol/L) = \frac{S\,(g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.0215\ g/L}{332\ g/mol} = \frac{0.02150\ g/L}{332\ g/mol}$$

$$= \frac{2150 \times 10^{-5}}{332} = 6.5 \times 10^{-5}\ mol/L$$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons \underset{2S}{2Ag^{+}} + \underset{S}{CrO_4^{-2}}$$

$$K_{sp} = [Ag^{+}]^2[CrO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$

$$K_{sp} = 4(6.5 \times 10^{-5})^3$$

$$K_{sp} = 1098.5 \times 10^{-15} = 1.098 \times 10^{-12}$$

الذوبانية والترسيب للمركب شحيح الذوبان (الحاصل الايوني)

الحاصل الايوني : هو حاصل ضرب تراكيز الايونات الناتجة من ملح شحيح الذوبان مرفوع الى أس مساو الى عدد مولاته في المعادلة الكيميائية الموزونة وليس بالضرورة ان يكون في حالة اتزان.

مقارنة الحاصل الايوني مع K_{sp}(الخلاصة)

الحاصل الايوني $> K_{sp}$ التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني $< K_{sp}$ التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني $= K_{sp}$ المحلول مشبع سرعة الذوبان = سرعة الترسيب.

ملاحظات حسابية عن الحاصل الأيوني.

مسائل الحاصل الأيوني نوعين نوع يذكر فيه عبارة احسب **ادنى تركيز** او **اقل** دالة حامضية او قاعدية والنوع الأخر يذكر فيه **عبارة هل يترسب**

النوع الاول:

اولا :- علامات هذا النوع

أ ـ يذكر فيه عبارة ما هو ادنى او ما اقل وعبارة لبدأ الترسيب لو ليبدا راسب كذا بالظهور.

ب ـ من علامات السؤال الاخرى يعطي K_{sp} او PK_{sp} وتركيز ايون معلوم والايون الاخر تركيزه مجهول.

ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.

أ ـ يجب التأكد ان تركيز الايون المعطى **بوحدة** mol/L حيث اذا كان بتركيز g/mol يحول الى وحدة mol/L

ب ـ نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ونطبق قانون **ال K_{sp} مباشرة** دون وضع رمز ال S تحت الايونات المتفككة.

جـ ـ من تركيز الايون المعلوم وقيمة **ال K_{sp}** نستخرج تركيز الايون المجهول وهو ادنى تركيز لبدء الترسيب.

النوع الثاني:

اولا :- علامات هذا النوع

أ ـ يذكر فيه عبارة هل يترسب او يظهر راسب او هل تتوقع ان تترسب

ب ـ من علامات السؤال الاخرى يعطي K_{sp} او PK_{sp} وتركيزي الايونين الناتجين من التفكك معلومين والايون الاخر

ثانيا :- خطوات حل هذا النوع.

أ ـ يجب التأكد ان تراكيز الايونات المعطاة **بوحدة** mol/L حيث اذا كانا بتراكيز g/mol يحول الى وحدة mol/L

ب ـ نكتب معادلة تفكك المادة الشحيحة الذوبان ومن التراكيز المعطاة نستخرج **الحاصل الايوني.**

جـ ـ نعمل مقارنة بين K_{sp} و الحاصل الايوني حيث

الحاصل الايوني $> K_{sp}$ التفاعل خلفي يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني $< K_{sp}$ التفاعل امامي لا يحصل ترسيب.

الحاصل الايوني $= K_{sp}$ المحلول مشبع

حتى نستطيع أن نكمل عملنا بصورة أفضل مهما نمر به من مصاعب وفشل، لابدّ من وجود تشجيع وحافز داخلي نابع من أنفسنا يقوينا مهما سقطنا، يحفزنا مهما كانت الظروف، وإلا سوف نقع بأول حفرة تواجهنا

مثال(3-19) أذا علمت ان تركيز الفلوريد في محلول CaF_2 يساوي $2 \times 10^{-2} M$ أحسب ادنى تركيز من أيون الكالسيوم Ca^{+2} يكون لازما وجوده في المحلول لبدء ترسيب ملح فلوريد الكالسيوم($K_{sp} = 4.9 \times 10^{-11}$)

الحل/ نكتب معادلة تفكك CaF_2

$$CaF_2 \rightleftharpoons Ca^{+2} + 2F^-$$

$$Ksp = [Ca^{+2}][F^-]^2$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{K_{sp}}{(F^-)^2}$$

$$[Ca^{+2}] = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{(2 \times 10^{-2})^2} = \frac{4.9 \times 10^{-11}}{4 \times 10^{-4}} = 1.225 \times 10^{-7} M$$

تمرين 3-19 ما هي أقل دالة حامضية PH لمحلول يحتوي ايون الحـــديد الثلاثي بتركيز $2 \times 10^{-10} M$ التي اذا تم الوصول اليها او تجاوزها يبدأ راسب هيدروكسيد الحديد الثلاثي $Fe(OH)_3$ بالظهور في المحلول علما ان $Ksp=5 \times 10^{-38}$ (علما ان $\sqrt[3]{250} = 6.3$) (Log1.58 =0.2)

الحل/ نكتب معادلة تفكك $Fe(OH)_3$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Fe^{+3})}$$

$$[OH^-]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{2 \times 10^{-10}}$$

$$[OH^-]^3 = 2.5 \times 10^{-28}$$

$$[OH^-]^3 = 250 \times 10^{-30} M$$ بالجذر التكعيبي

$$[OH^-] = 6.3 \times 10^{-10} M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[OH^-]}$$

$$[H^+] = \frac{1 \times 10^{-14}}{[6.3 X 10^{-10}]} = \frac{10 \times 10^{-15}}{[6.3 X 10^{-10}]} = 1.58 \times 10^{-5} M$$

$$PH = - Log [H^+]$$

$$PH = -(Log\ 1.58 \times 10^{-5})$$

$$PH = -(Log\ 1.58 + Log\ 10^{-5})$$

$$PH = -(0.2 - 5) = 4.8$$

تمرين (3-20) محلول حجمه لتر يحتوي 0.001mol من كل من ايونات Al^{+3} و Fe^{+3} أضيفت اليه كمية من NaOH بين رياضيا ايهما يترسب أولا $Al(OH)_3$ او $Fe(OH)_3$ ولماذا

علما ان $\sqrt[3]{350} = 7.04$ $\sqrt[3]{50} = 3.7$ $K_{sp}\ Fe(OH)_3 = 5 \times 10^{-38}$ $K_{sp}\ Al(OH)_3 = 3.5 \times 10^{-34}$

الحـــــل/

$[Al^{+3}] = [Fe^{+3}] = n = 10^{-3}$ لان الحجم لتر واحد

$$Al(OH)_3 \rightleftharpoons Al^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{sp} = [Al^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Al^{+3})}$$

$$[OH^-]^3 = \frac{3.5 \times 10^{-34}}{(10^{-3})}$$

$$[OH^-]^3 = 3.5 \times 10^{-31}$$

$$[OH^-]^3 = 3.50 \times 10^{-31}$$

$$[OH^-]^3 = 350 \times 10^{-33}$$

$$[OH^-] = 7.04 \times 10^{-11} M$$

$$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{+3} + 3OH^-$$

$$K_{sp} = [Fe^{+3}][OH^-]^3$$

$$[OH^-]^3 = \frac{K_{sp}}{(Fe^{+3})}$$

$$[OH^-]^3 = \frac{5 \times 10^{-38}}{(10^{-3})}$$

$$[OH^-]^3 = 5 \times 10^{-35}$$

$$[OH^-]^3 = 50 \times 10^{-36}$$

$$[OH^-] = 3.7 \times 10^{-12} M$$

$Fe(OH)_3$ يترسب أولا لانه الأقل ذوبانية

تمرين (3-21) محلول من نترات الفضة $AgNO_3$ تركيزه 0.01M وحجمه 20mL اضيف الى 0.05M محلول كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 حجمه 80mL بين هل تترسب كرومات الفضة Ag_2CrO_4 علما ان $KsP\ Ag_2CrO_4 = 1.1 \times 10^{-12}$

الحل/ نحسب تركيز نترات الفضة الجديد بعد الاضافة

$V_2 = V_{AgNO3} + V_{K2CrO4}$

$V_2 = 20ml + 80ml = 100ml$

$M_1V_{1(AgNO3)}$ (قبل الإضافة) $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$0.01\ M \times 20\ ml = M_2 \times 100\ ml$

$M_2 = \frac{0.01\ M \times 20\ mL}{100\ mL} = \frac{0.2\ M}{100} = \frac{2\ M}{1000} = 0.002 = 2 \times 10^{-3}\ M$

$AgNO_3$	$\longrightarrow$	Ag^+	+	NO_3^-
2×10^{-3}		0		0
0		2×10^{-3}		2×10^{-3}

الاملاح في محاليلها المائية قوية تفكك تام

نحسب تركيز كرومات البوتاسيوم الجديد بعد الاضافة

$M_1V_{1(K2CrO4)}$ (قبل الإضافة) $= M_2V_2$ (بعد الاضافة)

$0.05\ M \times 80\ ml = M_2 \times 100\ ml$

$M_2 = \frac{0.05M \times 80\ mL}{100\ mL} = \frac{4\ M}{100} = 0.04 = 4 \times 10^{-2}\ M$

K_2CrO_4	$\longrightarrow$	$2K^+$	+	CrO_4^{-2}
4×10^{-2}		0		0
0		8×10^{-2}		4×10^{-2}

الاملاح في محاليلها المائية قوية تفكك تام

نجد الحاصل الايوني ل Ag_2CrO_4

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$

$Ag^+ = 2 \times 10^{-3}$ ، $CrO_4^{-2} = 4 \times 10^{-2}$

الحاصل الايوني $= [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$

الحاصل الايوني $= [2 \times 10^{-3}]^2[4 \times 10^{-2}] = 4 \times 10^{-6} \times 4 \times 10^{-2}$

الحاصل الايوني $= 16 \times 10^{-8}$

الحاصل الايوني > K_{sp} المحلول يترسب

سؤال3-29 ان تركيز ايون الكالسيوم (M= 40g/mol) في بلازما الدم = 0.1g/L فاذا كان تركيز الاوكزالات = 1×10^{-7} M هل تتوقع ان تترسب اوكزالات الكالسيوم CaC_2O_4 علما ان PKsp = 8.64؟ (للفائدة Log 2.3 =0.36)

الجواب/ نحسب الحاصل الايوني لكن يجب ايجاد الذوبانية المولارية لأيون الكالسيوم

$$S\ (mol/L) = \frac{S\ (g/L)}{M(g/mol)} = \frac{0.1\ g/L}{40\ g/mol} = \frac{1}{400} = 0.0025 = 2.5 \times 10^{-3}\ mol/L$$

معادلة تفكك اوكزالات الكالسيوم

$$CaC_2O_4 \rightleftharpoons Ca^{+2} + C_2O_4^{-2}$$

الحاصل الايوني = $[Ca^{+2}]\ [C_2O_4^{-2}]$

الحاصل الايوني = $2.5 \times 10^{-3} \times 1 \times 10^{-7}$

الحاصل الايوني = 2.5×10^{-10}

نجد قيمة K_{sp} من PK_{sp}

$$K_{sp} = 10^{-PKsp}$$
$$K_{sp} = 10^{-8.64 + 9 - 9}$$
$$K_{sp} = 10^{0.36 - 9}$$
$$K_{sp} = 10^{0.36} \times 10^{-9}$$
$$K_{sp} = 2.3 \times 10^{-9}$$

نلاحظ قيمة الحاصل الايونى أقل من قيمة K_{sp} وعلية لا يترسب اوكزالات الكالسيوم

العوامل المؤثرة على الذوبانية

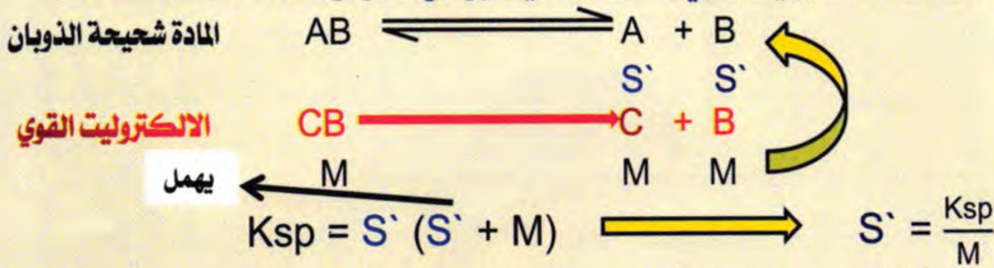
1- تأثير درجة الحرارة 2- تأثير الايون المشترك 3- تأثير الاس الهيدروجيني.

1. تأثير درجة الحرارة :- تزداد ذوبانية معظم المواد شحيحة الذوبان بزيادة درجة الحرارة لكن الزيادة تختلف من مادة الى اخرى

2- تأثير الأيون المشترك:- حسب قاعدة لي شاتليه يمكن للاملاح شحيحة الذوبان ان تنخفض بوجود زيادة من ايونات مشتركة لهذه المادة في المحلول وبالتالي التحكم بعملية ذوبان الراسب.

خطوات حل مسائل الايون المشترك الخاصة بالذوبانية. (الطريقة المباشرة)

1. نكتب معادلة تفكك المادة شحيح الذوبان ونجد له الذوبانية في الماء النقي (او محلوله المشبع)بالطرق الاعتيادية.
2. في الخطوة الثانية نكتب معادلة تفكك المادة شحيحة الذوبان لكن نفرض هنا للذوبانية رمزY او `S وتحت معادلته نكتب معادلة تفكك الالكتروليت القوي وتفككه سيكون من خطوة واحدة. لاحظ المخطط ادناه



ونذكر دائما هذه العبارة ان الذوبانية قلت بوجود الايون المشترك

الامثلة والتمارين ومسائل الفصل الخاصة بتأثير الايون المشترك على الذوبانية

مثال(3-20) ما هي الذوبانية المولارية لملح يودات الباريوم $Ba(IO_3)_2$ $Ksp = 1.57 \times 10^{-9}$

أ) في الماء النقي ب) في محلول KIO_3 تركيز 0.02M ؟ ثم ناقش النتائج

علما ان $\sqrt[3]{0.3925} = 0.73$

الحـــــل / أ) في الماء النقي

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO^{-3}$$

S　　　S　　　2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2$$

$$K_{SP} = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.73 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4}\ M$$ الذوبانية في الماء النقي

ب) في محلول KIO_3 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO^{-3}$$

S\`　　　S\`　　　2S\`

$$KIO_3 \rightarrow K^+ + IO^{-3}$$

0.02　　　0.02　　　0.02

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3]^2$$

$$K_{SP} = (S`)(0.02 + 2S`)^2$$ يهمل

$$S` = \frac{K_{sp}}{(0.02)^2} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4 \times 10^{-4}}$$

$$S` = \frac{15.7 \times 10^{-10}}{4 \times 10^{-4}} = 3.9 \times 10^{-6}\ M$$ الذوبانية بوجود الايون المشترك

نلاحظ ذوبانية يودات الباريوم قد انخفضت بوجود الايون المشترك



سؤال (3-15) ما ذوبانية $BaSO_4$ في محلول مائي مشبع منه علما ان $Ksp = 1.6 \times 10^{-10}$ وما ذوبانيته بعد اضافة 1ml من H_2SO_4 تركيزه 10M الى لتر من المحلول المشبع منه

علما ان $\sqrt{1.6} = 1.26$

الحـــــل / أ) في المحلول المائي المشبع

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$S \qquad S \qquad S$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$
$$K_{SP} = (S) \times (S) = S^2$$
$$S^2 = 1.6 \times 10^{-10}$$
$$S = 1.26 \times 10^{-5}\ M$$ الذوبانية في المحلول المائي المشبع

ب) في محلول H_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

نجد اولا تركيز الحامض بعد الاضافة.

$$V_{(ml)\ \text{المحلول المائي}} = 1L \times 1000\ ml/L = 1000\ ml$$
$$M_1V_1 = M_2V_2$$
$$10\ M \times 1ml = M_2 \times 1000\ ml$$
$$M_2 = \frac{10\ M \times 1\ ml}{1000\ ml} = 0.01\ M[H_2SO_4]$$

$$BaSO_4 \rightleftharpoons Ba^{+} + SO_4^{-2}$$
$$S` \qquad S` \qquad S`$$
$$H_2SO_4 \rightarrow 2H^{+} + SO_4^{-2}$$
$$0.01 \qquad 0.02 \qquad 0.01$$

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][SO_4^{-2}]$$
$$K_{SP} = (S`)(0.01 + S`) =$$
يهمل

$$S` = \frac{KsP}{(0.01)}$$
$$S` = \frac{1.6 \times 10^{-10}}{10^{-2}} = 1.6 \times 10^{-8}\ M$$

نلاحظ ان ذوبانية كبريتات الباريوم قلت بوجود الايون المشترك

سؤال (3-19) أحسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لملح كبريتات الفضة Ag_2SO_4 (M= 314 g/mol) PK_{SP}=4.92 أ) في الماء النقي ب) 0.15M كبريتات البوتاسيوم K_2SO_4

علما ان (Log 1.2 = 0.08) ($\sqrt[3]{3}$=1.42) ($\sqrt[2]{0.2}$=0.44).

الحـــــل / أ) في الماء النقي

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$
$$S \qquad 2S \qquad S$$

$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}]$

$K_{SP} = (2S)^2 \times (S) = 4S^3$

$K_{sp} = 10^{-PKsp}$

$K_{sp} = 10^{-4.92 + 5 - 5}$

$K_{sp} = 10^{0.08 - 5}$

$K_{sp} = 1.2 \times 10^{-5}$

$S^3 = \frac{KSP}{4}$

$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-5}}{4} = \frac{12 \times 10^{-6}}{4} = 3 \times 10^{-6}$ بالجذر التكعيبي

$S = 1.42 \times 10^{-2} = 0.0142$ M الذوبانية في الماء النقي

ولحساب الذوبانية بوحدات g/L نستخدم هذه العلاقة

S(g/L) = S(mol/L) x M(g/mol)

S(g/L) = 0.0142 x mol/L x 314g/mol = 4.46 g/L

ب) في محلول K_2SO_4 الذي هو الكتروليت قوي يتأين بشكل تام.

$$Ag_2SO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + SO_4^{-2}$$
$$S` \qquad 2S` \qquad S`$$
$$K_2SO_4 \rightarrow 2K^+ + SO_4^{-2}$$
$$0.15 \qquad 0.30 \qquad 0.15$$

$K_{SP} = [Ag^+]^2[SO_4^{-2}]$

$K_{SP} = (2S`)^2 \ (0.15 + S`) = 4S`^2 \times 0.15 = 0.6\ S`^2$

يهمل (S` في القوس)

$S`^2 = \frac{KsP}{(0.6)} = \frac{1.2 X 10^{-5}}{0.6} = 2 \times 10^{-5} = 0.2 \times 10^{-4}$ بالجذر التربيعي

$S` = 0.44 \times 10^{-2} = 4.4 \times 10^{-3}$ M الذوبانية بوجود الايون المشترك

S(g/L) = S(mol/L) x M(g/mol)

S(g/L) = 4.4 x 10^{-3} mol/L x 314g/mol = 1.38 g/L

تمرين 3-22 قيمة ثابت حاصل الاذابة لملح $MgF_2 = 6.5 \times 10^{-9}$

أ) أحسب الذوبانية المولارية لهذا الملح في الماء النقي.

ب) احسب الذوبانية في محلول NaF القوي بتركيز 0.1M ؟ ثم قارن بين النتيجتين.

للفائدة $(\sqrt[3]{1.625}=1.18)$

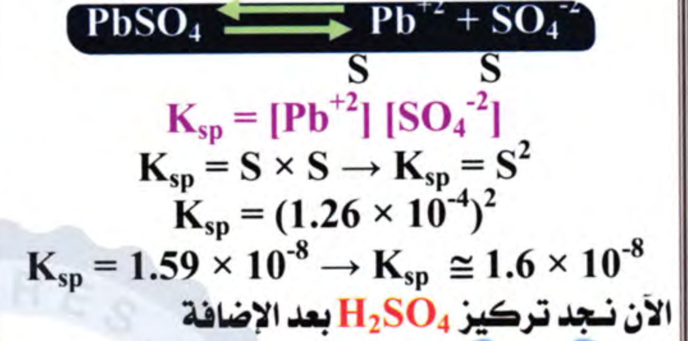
(الاجوبة) في الماء النقي $S= 1.18 \times 10^{-3}$ M في الايون المشترك $S` = 6.5 \times 10^{-7}$ M

الحـــــل/ واجب

تمرين (3-18) احسب pH لمحلول حامض الكبريتيك H_2SO_4 قبل وبعد إضافة 1 mL منه الى لتر من محلول مشبع $PbSO_4$ لتغيير ذوبانية المحلول المشبع من 1.26×10^{-4} M الى 3.2×10^{-6} M.

الحل

نحسب K_{sp} من ذوبانية المحلول المشبع



$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S S

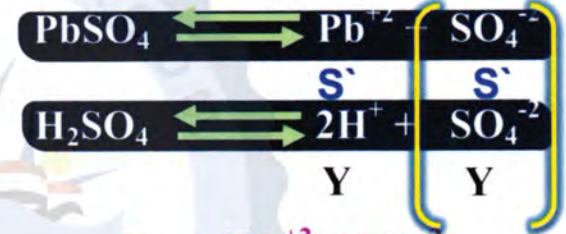
$$K_{sp} = [Pb^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = S \times S \rightarrow K_{sp} = S^2$$

$$K_{sp} = (1.26 \times 10^{-4})^2$$

$$K_{sp} = 1.59 \times 10^{-8} \rightarrow K_{sp} \cong 1.6 \times 10^{-8}$$

الآن نجد تركيز H_2SO_4 بعد الإضافة



$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$

S` S`

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^{+} + SO_4^{-2}$$

Y Y

$$K_{sp} = [Pb^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$$

$$K_{sp} = [S`]\,[S` + Y]$$

يهمل

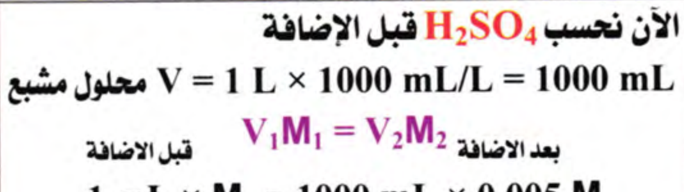
$$Y = \frac{K_{sp}}{S`}$$

$$Y = \frac{1.6 \times 10^{-8}}{3.2 \times 10^{-6}}$$

$$Y = 0.5 \times 10^{-2}$$

بعد الاضافة $Y = 0.005\ M = [H_2SO_4]$

الآن نحسب H_2SO_4 قبل الإضافة



محلول مشبع $V = 1\ L \times 1000\ mL/L = 1000\ mL$

$V_1M_1 = V_2M_2$ (قبل الاضافة V_1M_1، بعد الاضافة V_2M_2)

$$1\ mL \times M_1 = 1000\ mL \times 0.005\ M$$

بعد الإضافة $M_1 = 5\ M = [H_2SO_4]$

حساب pH

اولاً: قبل الإضافة

$$[H^+] = 2 \times 5\ M$$

$$[H^+] = 10\ M$$

$$pH = -Log\ H^+$$

$$pH = -Log\ 10$$

$$pH = -1$$

ثانياً: بعد الإضافة

$$[H^+] = 2 \times 0.005\ M$$

$$[H^+] = 0.010\ M$$

$$[H^+] = 10^{-2}\ M$$

$$pH = -Log\ H^+$$

$$pH = -Log\ 10^{-2}$$

$$pH = 2$$



تمرين (3-23) محلول مشبع من $Mg(OH)_2$ وحجمه 1 لتر ومحلول اخر مشبع من $Zn(OH)_2$ وحجمه 1 لتر ما عدد مولات NaOH الواجب اضافتها الى احد المحلولين كي تصبح ذوبانية المحلولين متساوية علما ان: $K_{sp_{Mg(OH)_2}} = 1.8 \times 10^{-11}$, $K_{sp_{Zn(OH)_2}} = 1.2 \times 10^{-17}$, $\sqrt[3]{4.5} = 1.65$, $\sqrt[3]{3} = 1.44$.

ج

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad S \qquad 2S$$

$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$

$K_{sp} = (S)(2S)^2$

$K_{sp} = 4S^3$

$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$

$S^3 = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{4} = \frac{18 \times 10^{-12}}{4}$

$S^3 = 4.5 \times 10^{-12}\ M$

$S = 1.65 \times 10^{-4}\ M$

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$

$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$

$K_{sp} = (S)(2S)^2$

$K_{sp} = 4S^3$

$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$

$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = \frac{12 \times 10^{-18}}{4}$

$S^3 = 3 \times 10^{-18}\ M$

$S = 1.44 \times 10^{-6}\ M\ (Y)$



الان نضيف NaOH الى المحلول الأكبر ذوبانية كي تتساوى ذوبانيته مع الأصغر:

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$$
$$\quad S' \qquad 2S'$$

$$NaOH \rightleftharpoons Na^+ + OH^-$$
$$\quad Y \qquad Y$$

$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$

$K_{sp} = [S'][Y + 2S'_{\text{يهمل}}]^2$

$S'^2 = \frac{K_{sp}}{Y} = \frac{1.8 \times 10^{-11}}{1.44 \times 10^{-6}}$

$S'^2 = 1.25 \times 10^{-5} = 12.5 \times 10^{-6}$ نجذر الطرفين

$S' = 3.5 \times 10^{-3}\ M = 0.0035\ mol$ لان الحجم لتر واحد

فكرة عن هذا السؤال

1- نجد ذوبانية كل محلول على حدة

2- نضيف NaOH الى المحلول الأكبر. ذوبانية لعلمنا ان الذوبانية تقل بوجود الايون المشترك.

3- نعوض عن قيمة ´S في خطوة الإضافة قيمة ذوبانية المحلول الأقل ذوبانية.

الخلاصة المهمة لهذا السؤال في خطوة إضافة NaOH نأخذ صيغة محلول الذوبانية الأكبر ورقم ذوبانية المحلول الأصغر ´S

لنجاح يجذب النجاح، ليس هناك مفر من هذا القانون الكوني العظيم، لذلك، إذا رغبت في جذب النجاح فاحرص على تحقيق جزءاً منه، سواء كنت عاملاً بالأجر أو أميراً.

3- **تأثير الأس الهيدروجيني :** تعتمد ذوبانية كثير من المواد على تركيز H^+ خاصة المواد التي يشكل ايون الهيدروكسيد أحد مكوناته مثل هيدروكسيد المغنسيوم $Mg(OH)_2$ حيث تتغير مقدار ذوبانية هذه المواد مع تغير قيم PH للمحلول.

لاحظ مثلا هذه المعادلة $Mg(OH)_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2OH^-$

عند اضافة حامض لهذا المحلول المشبع يؤدي الى أتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- لتكوين جزيئات الماء وهذا يؤدي الى اختلال في عملية التوازن ولتعويض النقص الحاصل في ايونات OH^- تتفكك المزيد من جزيئات المركب(اي زيادة في الذوبانية) اما عند اضافة قاعدة تقل الذوبانية.

ملاحظات حسابية لحل مسائل تأثير الاس الهيدروجيني

حينا نرى في السؤال ملح يحوي جزيئات OH وايضا يعطي في السؤال قيمة PH او POH وقيمة K_{SP} ويطلب الذوبانية في السؤال فهذا يعني انه تأثير اس هيدروجيني. وخطوات حل السؤال تكون كالاتي

1- من قيم PH او POH نستخرج تركيز $[OH^-]$ ونضعها تحت ايون الهيدروكسيد دون ضربها في عدد المولات

2- نكتب معادلة تفكك الملح شحيح الذوبان بالصورة الاتية

$$X + 2OH^- \rightleftharpoons X(OH)_2$$

3- سيعطي بالسؤال قيمة K_{sp} او PK_{sp} نحولها ونطبق القانون

$$KSp= [X][OH]^2$$

$$KSp= [S][\text{القيمة المستخرجة}]^2$$

$$S = \frac{KsP}{(\text{القيمة المستخرجة})^2} = \text{الذوبانية المطلوبة}$$

4- اذا كان المركب XOH نفس الخطوات لكن بدون تربيع.

مثال (3-21) أحسب الذوبانية المولارية لهيدروكسيد المغنسيوم $Ksp= 1.8 \times 10^{-11}$ في محلول مائي ثبت حموضته عند PH= 10.5 علما أن Log 3.16 = 0.5 ؟

الحل / نحسب تركيز [H+] من تركيز PH

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5 +11 -11}$$
$$[H^+] = 10^{+0.5 -11}$$
$$[H^+] = 10^{-10.5} \times 10^{-11}$$
$$[H^+] = 3.16 \times 10^{-11}\ M$$

$$[H^+][OH^-] = 1 \times 10^{-14} \Longrightarrow [OH^-] = \frac{1 \times 10^{-14}}{3.16 \times 10^{-11}} = \frac{10 \times 10^{-15}}{3.16 \times 10^{-11}} = 3.16 \times 10^{-4}\ M$$

$$Mg(OH)_2 \rightleftharpoons \underset{S}{Mg^{+2}} + \underset{3.16 \times 10^{-4}}{2OH^-}$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.8 \times 10^{-11} = (S)(3.16 \times 10^{-4})^2$$
$$S= \frac{1.8 \times 10^{-11}}{(3.16 \times 10^{-4})^2} = \frac{18 \times 10^{-12}}{10 \times 10^{-8}} = 1.8 \times 10^{-4}\ M$$ ذوبانية هيدروكسيد المغنسيوم

تمرين (3-24) أحسب ذوبانية هيدروكسيد الخارصين $Zn(OH)_2$ في محلول ثبتت حامضيته عند أ) PH = 6 ب) PH = 9 ثم ناقش النتائج علما ان $K_{sp}(Zn(OH)_2) = 1.2 \times 10^{-17}$

الحل/

أ) عند PH =6 نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-6}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 X 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 X 10^{-14}}{1 X 10^{-6}} = 1 \times 10^{-8} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$Zn(OH)2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-8}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-8})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-8})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-16}} = 1.2 \times 10^{-1} M$$

ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 6

ب) عند PH =9 نحسب تركيز $[H^+]$ ومنه نحسب تركيز $[OH^-]$

$$[H^+] = 10^{-PH}$$
$$[H^+] = 10^{-9}$$
$$[OH^-][H^+] = 1 \times 10^{-14}$$
$$[OH^-] = \frac{1 X 10^{-14}}{[H^+]} = \frac{1 X 10^{-14}}{1 X 10^{-9}} = 1 \times 10^{-5} M$$

نكتب الان معادلة تفكك هيدروكسيد الخارصين

$$Zn(OH)2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$S \qquad S \qquad 1 \times 10^{-5}$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(1 \times 10^{-5})^2$$
$$S = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{(1 \times 10^{-5})^2} = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{1 \times 10^{-10}} = 1.2 \times 10^{-7} M$$

ذوبانية هيدروكسيد الخارصين عند PH = 9

المناقشة عند PH=6 المحلول حامضي و عند PH=9 المحلول قاعدي وهذه المواد تكون الذوبانية لها اكبر عند المحاليل الحامضية بسبب اتحاد ايونات H^+ مع ايونات OH^- فيحصل نقص بتراكيز ايون H^+ فتتفكك المزيد من جزيئات المركب اي زيادة بالذوبانية.

مسائل الفصل الخاصة بالذوبانية

سؤال(3-20) ما عدد غرامات ملح كرومات الفضة Ag_2CrO_4 (M= 332g/mol) التي يمكن ان تذوب في 100ml من الماء المقطر علما ان $Ksp= 1.1 \times 10^{-12}$

$\sqrt[3]{0.275} = 0.65$

$$Ag_2CrO_4 \rightleftharpoons 2Ag^+ + CrO_4^{-2}$$
$$2S \quad\quad S$$

$$K_{sp} = [Ag^+]^2[CrO_4^{-2}]$$
$$1.1 \times 10^{-12} = (2S)^2 \times S = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{1.1 \times 10^{-12}}{4} = 0.275 \times 10^{-12}$$ ناخذ الجذر التكعيبي
$$S = 0.65 \times 10^{-4} = 6.5 \times 10^{-5}\ M$$

نحسب m من العلاقة التالية $m = (M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L))$ وعليه

$$m = 6.5 \times 10^{-5} mol/L \times 332 g/mol \times 0.1(L) = 0.00216 = 2.16 \times 10^{-3}\ g$$

سؤال(3-21) ما ذوبانية ملح كرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلول يكون فيه تركيز كلوريد الباريوم القوي يساوي 0.1M اذا علمت ان $K_{sp}(BaCrO_4) = 1.2 \times 10^{-10}$

الحـــــل/ نطبق علاقة الايون المشترك مباشرة

$$BaCrO_4 \rightleftharpoons Ba^{+2} + CrO_4^{-2}$$
$$S \quad\quad S \quad\quad S$$
$$BaCl_2 \rightarrow Ba^{+2} + 2Cl^-$$
$$0.1 \quad\quad 0.1 \quad\quad 0.2$$
$$Ksp = (0.1 + S)(S)$$

يهمل

> ملاحظة طبقنا علاقة الملح مع الايون المشترك مباشرة لأنه لم يذكر أحسب الذوبانية في الماء المقطر وايضا استخدمنا الرمز S بدل

$$S = \frac{Ksp}{0.1} = \frac{1.2 \times 10^{-10}}{0.1} = 1.2 \times 10^{-9}\ mol/L$$

سؤال (3-27) احسب الذوبانية المولارية والذوبانية بوحدة g/L لهيدروكسيد الخارصين (M=99.4g/mol) اذا علمت ان علما ان $Ksp = 1.2 \times 10^{-17}$ $\sqrt[3]{3} = 1.422$

$$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{+2} + 2OH^-$$
$$S \quad\quad S \quad\quad 2S$$

$$K_{sp} = [Zn^{+2}][OH^-]^2$$
$$1.2 \times 10^{-17} = (S)(2S)^2 = 4S^3$$
$$S^3 = \frac{1.2 \times 10^{-17}}{4} = \frac{12 \times 10^{-18}}{4} = 3 \times 10^{-18}$$ بالجذر التكعيبي
$$S = 1.422 \times 10^{-6}\ M$$

$$S(g/L) = S(mol/L) \times M(g/mol) = 1.422 \times 10^{-6}\ mol/L \times 99.4\ g/mol = 143.3 \times 10^{-6}\ g/L$$

الاثرائيات الخاصة بالذوبانية

تمهيدي 2015: ذوبانية $PbSO_4$ في محلول مائي مشبع منه = 1×10^{-4} كم مللتر من حامض الكبريتيك تركيزه 10 M الواجب اضافته الى لتر من المحلول لجعل الذوبانية 10^{-6}.

جـ

اولاً: نجد اولا K_{sp} في المحلول المائي المشبع:

$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$S \qquad S \qquad S$$

$K_{sp} = [Pb^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$

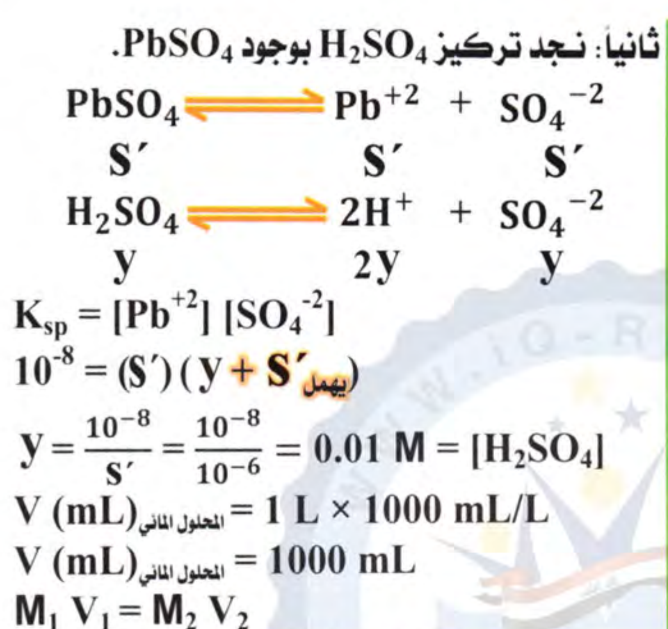
$K_{sp} = S \times S$

$K_{sp} = S^2$

$K_{sp} = (1 \times 10^{-4})^2$

$K_{sp} = 1 \times 10^{-8}$

ثانياً: نجد تركيز H_2SO_4 بوجود $PbSO_4$.



$$PbSO_4 \rightleftharpoons Pb^{+2} + SO_4^{-2}$$
$$S' \qquad S' \qquad S'$$

$$H_2SO_4 \rightleftharpoons 2H^+ + SO_4^{-2}$$
$$y \qquad 2y \qquad y$$

$K_{sp} = [Pb^{+2}]\,[SO_4^{-2}]$

$10^{-8} = (S')\,(y + S'_{\text{يهمل}})$

$y = \frac{10^{-8}}{S'} = \frac{10^{-8}}{10^{-6}} = 0.01\ M = [H_2SO_4]$

$V\,(mL)_{\text{المحلول المائي}} = 1\ L \times 1000\ mL/L$

$V\,(mL)_{\text{المحلول المائي}} = 1000\ mL$

$M_1\,V_1 = M_2\,V_2$

$10\ M \times V_1 = 0.01\ M \times 1000\ ml$

$V_1 = \frac{0.01\ M \times 1000\ mL}{10\ M} = 1\ mL$

تمهيدي 2014: اذا علمت ان الذوبانية المولارية لكرومات الباريوم $BaCrO_4$ في محلوله المائي المشبع هي 1.2×10^{-5} M ما عدد مولات كرومات البوتاسيوم K_2CrO_4 التي يجب اضافتها الى لتر من المحلول لجعل تركيز ايونات الباريوم 1.44×10^{-8} M.

(واجب) والناتج سيكون 0.01 mol

خارج القطر 2015: الذوبانية المولارية لفلوريد المغنيسيوم MgF_2 في محلول 0.1M من فلوريد الصوديوم NaF تساوي $6.5x10^{-7}$ M ، احسب الذوبانية المولارية لـ MgF_2 في محلوله المائي المشبع ، علماً ان $\sqrt[3]{1.625} = 1.18$

نجد اولا Ksp من تركيز الالكتروليت القوي وذوبانية الملح الشحيح الذوبان

$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$S' \quad\quad 2S'$$

$$NaF \longrightarrow Na^+ + F^-$$
$$Y \quad\quad Y \quad\quad Y$$

$$K_{sp} = [Mg^{+2}]\,[F^-]^2$$

$$K_{sp} = (S')\,(Y + 2S')^2$$ (2S′ يهمل)

$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-7})\,(0.1)^2$$

$$K_{sp} = (6.5 \times 10^{-9})$$

الان نجد ذوبانيته في المحلول المائي المشبع

$$MgF_2 \rightleftharpoons Mg^{+2} + 2F^-$$
$$S \quad\quad 2S$$

$$K_{sp} = [S]\,[2S]^2$$

$$K_{sp} = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{K_{sp}}{4}$$

$$S^3 = \frac{6.5 \times 10^{-9}}{4}$$

$$S^3 = 1.625 \times 10^{-9}$$ ناخذ الجذر التربيعي

$$S = 1.18 \times 10^{-3} M$$



حل المتبقي من اسئلة الفصل الثالث

س1/ المعادلة الاتية تبين حالة الاتزان بين جزيئات الماء ايوناته

$$2H_2O_{(l)} \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

أ- هل يتأثر اتزان هذا النظام بتغير درجة الحرارة **الجواب / نعم**

ب- ما قيمة ثابت الحاصل الايوني للماء عند درجة حرارة 25C° وكم هو تركيز ايون الهيدروجين وتركيز ايون الهيدروكسيد؟

الجواب/ قيمة ثابت حاصل الايوني للماء = 1×10^{-14}

تركيز ايون الهيدروجين $[H^+] = 1 \times 10^{-7}$ تركيز ايون الهيدروكسيد $[OH^-] = 1 \times 10^{-7}$

س5/ أختر الجواب الصحيح

1- ان عدد مليغرامات يودات الباريوم (M= 487g/mol) و $K_{sp}(1.57 \times 10^{-9})$ التي يمكن ان تذوب في 150ml الماء النقي

(أ) 34.4mg (ب) 44.4mg (ج) 53.4mg

الحل

$$Ba(IO_3)_2 \rightleftharpoons Ba^{+2} + 2IO_3^-$$

S S 2S

$$K_{SP} = [Ba^{+2}][IO_3^-]^2 = S \times (2S)^2 = 4S^3$$

$$S^3 = \frac{KSP}{4} = \frac{1.57 \times 10^{-9}}{4} = 0.3925 \times 10^{-9}$$ بالجذر التكعيبي

$$S = 0.732 \times 10^{-3} = 7.3 \times 10^{-4}\ M$$ الذوبانية في الماء النقي

نحسب m من العلاقة التالية $m = (M(mol/L) \times M(g/mol) \times V(L))$

$$m = 7.32 \times 10^{-4} mol/L \times 487 g/mol \times 0.15(L) = 0.0534\ g$$

$m_{(mg)} = 0.0534 \times 1000 = 53.4\ mg$ وعليه الجواب يكون فرع ج

2) التراكيز المولارية لأيونات Na^+ و SO_4^{-2} في محلول مائي لكبريتات الصوديوم $0.4M\ Na_2SO_4$ هي

أ- $[Na^+]= 0.4\ [SO_4^{-2}]=0.4$ ب- $[Na^+]= 0.2\ [SO_4^{-2}]=0.4$ ج- $[Na^+]= 0.8\ [SO_4^{-2}]=0.4$

$$Na_2SO_4 \longrightarrow 2Na^+ + SO_4^{-2}$$

Na_2SO_4	$2Na^+$	SO_4^{-2}
0.4	0	0
0	0.8	0.4

نلاحظ ان التراكيز عند الاتزان $[Na^+]= 0.8\ [SO_4^{-2}]=0.4$ وعليه الجواب يكون فرع ج

---

3. قيم PH و POH لمحلول 0.05M هيدروكسيد الصوديوم

أ) POH=12.7 PH=1.3 ب) POH=7 PH=7 ج) POH =1.3 PH=12.7

$$NaOH \longrightarrow Na + OH$$

NaOH	Na	OH
0.05	0	0
0	0.05	0.05

$POH = -Log(OH^-) = -Log(5 \times 10^{-2}) = -(Log5 + Log\ 10^{-2})$ $POH = -(0.7 - 2) = 1.3$

$PH = 14 - 1.3 = 12.7$ وعليه الجواب يكون فرع ج

---

4) قيمة POH لمحلول نترات الامونيوم بتركيز 0.5M

أ) 7 ب) 9.22 ج) 4.78 الجواب ب (نفس تمرين 3-11ص)

سؤال (3-8) اكمل الفراغات في الجدول التالي

H_3O^+	PH	OH	POH	رقم المحلول
$H_3O^+ = \frac{1 X 10^{-14}}{6.9 X 10^{-11}}$ $= 1.45 \times 10^{-4}$ M	3.84	$[OH^-] = 10^{-POH}$ $= 10^{-10.16+11-11}$ $= 10^{0.84-11}$ $= 6.9 \times 10^{-11}$ M	14- 3.84 =10.16	1
$H_3O^+ = \frac{1 X 10^{-14}}{4.07 X 10^{-2}}$ $= 2.12 \times 10^{-13}$	12.61	$[OH^-] = 10^{-POH}$ $= 10^{-1.39+2-2}$ $= 10^{0.61-2}$ $= 4.07 \times 10^{-2}$ M	14-12.61 =1.39	2
$[H_3O^+] = 10^{-PH}$ $= 10^{-11.1+12-12}$ $= 10^{0.9-12}$ $= 7.94 \times 10^{-12}$ M	14-2.9 =11.1	$OH^- = \frac{1 X 10^{-14}}{7.94 X 10^{-12}}$ $= 1.26 \times 10^{-3}$ M	2.9	3
واجب الناتج 2.95×10^{-5}	واجب الناتج سيكون 4.53	واجب الناتج 3.38×10^{-10}	9.47	4

سؤال (3-9) اكمل الفراغات في الجدول التالي

أغلب المحاليل في السؤال تم حلها في امثلة وتمارين ومسائل الفصل الخاص بالذوبانية مع تغير بسيط في الارقام

انتهى الفصل الثالث.